

Er elsertifikatene grønne?

En analyse av samspillet mellom det svensk-norske elsertifikatmarkedet og det europeiske kvotemarkedet

Kristine Borgeraas Reinlie



Masteroppgave i samfunnsøkonomi
Økonomisk institutt

UNIVERSITETET I OSLO

Mai 2014

Er elsertifikatene grønne?

En analyse av samspillet mellom det svensk-norske elsertifikatmarkedet og det europeiske kvotemarkedet

©Kristine B. Reinlie

2014

Er elsertifikatene grønne?

Kristine B. Reinlie

<http://www.duo.uio.no>

Trykk: Reprosentralen, Universitetet i Oslo

Sammendrag

Norge og Sverige etablerte i 2012 et felles marked for elsertifikater. Målet med elsertifikatsystemet er å øke produksjon av elektrisk energi fra fornybare kilder. Fordi kraftsektoren er underlagt det europeiske kvotesystemet, vil ikke en økning av fornybar kraftproduksjon ha noe å si for totale klimagassutslipp i Europa, så lenge kvotetaket er satt. Det kan allikevel argumenteres for at en overgang fra fossil- til fornybar kraftproduksjon vil føre til lavere pris på utslippskvoter, og på denne måten gjøre det lettere å senke kvotetaket i fremtiden. I denne oppgaven blir det gjort en analyse av samspillet mellom det svensk-norske elsertifikatmarkedet og det europeiske kvotemarkedet, for å undersøke i hvilken grad elsertifikatmarkedet kan bidra til klimagevinst.

Forord

Med denne oppgaven fullfører jeg min mastergrad i samfunnsøkonomi ved Universitetet i Oslo.

Jeg vil rette en stor takk til min veileder, Kjell Arne Brekke, for god veiledning, interessante diskusjoner og hjelp til modellutforming. Til alle mine medstudenter vil jeg si tusen takk for to veldig fine år på Blindern.

Universitetet i Oslo, mai 2014

Kristine Borgeraas Reinlie

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	0
2	Bakgrunn	3
2.1	Klimapolitiske målsetninger.....	3
2.2	Det norsk- svenske elsertifikatmarkedet	5
2.3	Kvotemarkedet EU-ETS	6
3	Teori	8
3.1	Hvordan fungerer elsertifikatmarkedet?	8
3.1.1	Samarbeidet med Sverige.....	11
3.2	Klarering i et elektrisitetsmarked ved innføring av elsertifikater	13
3.2.1	Et åpent elektrisitetsmarked	15
3.3	Omsettelige utslippskvoter.....	17
3.4	Elsertifikater og kvotemarkedet.....	19
3.5	Samfunnsøkonomiske kostnader.....	21
3.6	Hvorfor støtte fornybar energiproduksjon?	23
3.7	Erfaringer.....	24
3.8	Komparativ statikk	26
3.8.1	Modell: Amundsen & Nese (2009)	26
3.8.2	Autarki.....	26
3.8.3	To land med felles marked for både elektrisitet og elsertifikater.....	30
3.8.4	Numerisk analyse.....	32
4	Modell: Klarering i elsertifikat-, kvote- og elektrisitetsmarkedet.....	34
4.1.1	Situasjon 1: Elektrisitetssektoren avgjør kvoteetterspørselen	36
4.1.2	Situasjon 2: Elektrisitetsmarkedet er for lite til å påvirke kvotemarkedet	39
5	Empirisk analyse.....	42
5.1	Data.....	42
5.2	Resultater	45
6	Konklusjon.....	49
	Litteraturliste	51
	Appendiks	56

1 Innledning

Det overordnede målet for den internasjonale klimapolitikken er å hindre skadelig menneskeskapt påvirkning på klimasystemet. FNs klimakonvensjon har konkretisert dette til et mål om å hindre at økningen i den globale gjennomsnittstemperaturen overstiger to grader celsius. En overgang fra bruken av fossil- til fornybar energi er en nødvendig omstilling som må til for å hindre en videre utvikling av de menneskeskapte klimaendringene. Fossilt brensel er den største kilden til utslipp av karbondioksid og den marginale skaden på økosystemet, som følge av utslippene, er tiltakende. Energiproduksjon sto for over en tredjedel av de globale klimagassutslippene i 2010 (Miljødirektoratet, 2014). Det vil ikke være bærekraftig å basere verdens fremtidige energibehov på de ikke-fornybare energikildene som blir benyttet i dag, og det satses derfor på utvikling av energiproduksjon basert på fornybare kilder i flere land. EUs *Fornybardirektiv (2009/28/EC)* ble vedtatt i 2009 og har som mål å øke andelen fornybar energibruk totalt i EU til 20 prosent i 2020. Gjennom EØS-avtalen, er Norge forpliktet til å bidra til å nå dette målet. Økt produksjon og forbruk av fornybar energi som følge av Fornybardirektivet, vil kun være med på å hindre global oppvarming dersom det reduserer klimagassutslipp ved å erstatte fossil energiproduksjon.

I tillegg til Fornybardirektivet har EU satt et mål om å redusere utslipp av karbondioksid med 20 prosent innen 2020. Det europeiske CO₂- kvotemarkedet ETS (Emission Trading Scheme), som Norge er en del av, er hovedverktøyet for å oppnå dette. Mengden av klimagassutslipp er bestemt av antall kvoter i markedet, og fornybardirektivet vil således ikke ha noen effekt på utslipp så lenge kvotetaket er satt. Allikevel kan det argumenteres for at økt tilgang på fornybar energi vil gjøre det lettere å redusere kvotetaket i fremtiden, og på denne måten føre til reduserte utslipp.

Økonomisk teori sier at utslippskutt vil oppnås effektivt ved å internalisere miljøkostnadene i markedet gjennom beskatning av utslipp eller ved bruk av et kvotesystem med omsettelige utslippstillatelser. En reduksjon av kvotetaket i det europeiske markedet vil føre til at kvoteprisen øker slik at utslippsintensiv produksjon blir mindre lønnsomt. Dette vil i seg selv føre til at flere vil investere i produksjon basert på fornybare energikilder.

Tiltroen til at kvotesystemet, slik det er utformet i dag, alene vil føre til en betydelig økning i investeringer i fornybar energiproduksjon er derimot svak. Kvotepreisen har falt til et historisk lavt nivå de siste årene, som følge av finanskrisen. De lave utslippskostnadene fører til usikkerhet knyttet til lønnsomheten av investering i fornybar energiproduksjon, fordi lave kvotepriser gjør miljøvennlig kraftproduksjon mindre konkurransedyktig. For å stimulere til utbygning av fornybar energiproduksjon har mange land derfor valgt å satse på ulike støttetiltak.

Elsertifikater, eller *grønne sertifikater*, er et politisk konstruert virkemiddel som skal stimulere til økt produksjon av elektrisk energi fra fornybare kilder. Siden 2012 har Norge og Sverige hatt et felles elsertifikatmarked. Dette skal være med på å oppfylle Norges forpliktelser i henhold til Fornybardirektivet. I Norge er tilnærmet all etterspørsel etter elektrisitet allerede dekket av produksjon basert på vannkraft, og innføringen av elsertifikatsystemet i det norske kraftmarkedet kan derfor ikke ventes å ha noen direkte effekt på norske klimagassutslipp.

Mange land i Europa er i stor grad avhengige av importert fossil energi, og et av hovedmålene med Fornybardirektivet er å øke forsyningssikkerheten i EU. Norge er, i motsetning til de fleste EU-land, nettoeksportør av kraft. En økning av fornybar elektrisitetsproduksjon i Norge vil derfor ikke være nødvendig for å dekke energibehovet innenlands. Allikevel har Norge fra naturens side et godt utgangspunkt for produksjon av fornybar kraft. Dersom det legges godt nok til rette for eksport, vil Norge kunne være en grønn og pålitelig energikilde for importavhengige EU-land. På denne måten kan grønn kraft fra Norge erstatte bruk av fossil kraft i utlandet, noe som isolert sett vil føre til klimagevinst. I Norge har vi, fra naturens side, tilgang på store mengder fornybar kraft, og vassdrags- og energidirektør, Per Sanderud, mener at det er en selvfølge at vi skal delta i det europeiske spleiselaget og bidra til mer fornybar energi, enten det blir bruk her i landet eller i utlandet (Nilsen & Lie, 2014).

Fordi utslipp fra elektrisitetssektoren i Europa er underlagt kvotesystemet, vil ikke en overgang fra bruken av fossil- til fornybar elektrisk energi ha direkte effekt på klimagassutslippene. Isolert sett vil det kun føre til at det løsrives utslippskvoter fra fossil elektrisitetsproduksjon slik at kvotepreisen faller, og produksjonskostnadene til andre utslippsgenererende aktører reduseres. Utslippsmengden vil være den samme. En reduksjon i

kvoteprisen og økt tilgang på fornybar energi kan allikevel føre til at det blir lettere for politikerne i Europa å sørge for en videre utfasing av fossil energi på sikt (Wolfgang & Korpås, 2013). Dersom dette fører til en innstramning av kvotetaket i fremtiden, kan satsing på produksjon av fornybar energi på denne måten bidra til å redusere global oppvarming.

Det norsk-svenske elsertifikatsamarbeidet vil verken ha noen direkte effekt på klimagassutslipp i Norge, eller være nødvendig i forhold til å redusere vår importavhengighet. Det vil derimot være et kostnadseffektivt virkemiddel for å øke vår fornybarandel. Om det skal være et mål i seg selv for Norge å øke vår fornybarandel, må det være fordi det på sikt vil kunne føre til en klimagevinst gjennom eksport av grønn kraft til utlandet som kan påvirke fastsettelsen av kvotetaket. For at en slik effekt skal være plausibel, må det være en relativt klar empirisk sammenheng mellom elsertifikatmarkedet og kvoteprisen. Hensikten med denne oppgaven er derfor å analysere teoretiske sammenhenger mellom elsertifikatmarkedet og det europeiske kvotemarkedet, og å koble disse til empiriske resultater for å undersøke i hvilken grad det norsk-svenske elsertifikatsystemet vil kunne påvirke fastsettingen av kvotetaket i fremtiden.

2 Bakgrunn

2.1 Klimapolitiske målsetninger

Klimaendringene kjenner ingen landegrenser og stigende gjennomsnittstemperaturer er et globalt problem. Det eneste som kan hindre uopprettelige skader på økosystemet er et bredt internasjonalt samarbeid. FNs klimakonvensjon er det sentrale rammeverket for det internasjonale klimasamarbeidet. Konvensjonen ble vedtatt i 1992 og har som langsiktig mål å stabilisere konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren på et nivå som forhindrer farlig og negativ menneskeskapt påvirkning på klimasystemet (Miljøverndepartementet, 2012, s.47). Det langsiktige målet ble gjennom Cancún-avtalen i 2010 konkretisert til at den globale temperaturøkningen ikke skal overstige to grader celsius sammenlignet med før-industrielt nivå; det såkalte togradersmålet (*ibid*, s.38). Målet til FN er å få til en juridisk bindende klimaavtale som skal gjelde for alle land i verden, men per i dag har ikke de internasjonale klimaforhandlingene ført fram til en slik avtale.

FNs klimapanel har fastslått at det er ekstremt sannsynlig at menneskeskapte klimagassutslipp har bidratt til den globale oppvarmingen (FN, 2014a), og det er i dag bred internasjonal aksept for at menneskeskapt påvirkning på økosystemet er en realitet. Utslipp av karbondioksid (CO₂) til atmosfæren er den største kilden til menneskeskapt påvirkning på klimaet, og i dag er konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren om lag 400 ppm. (parts per million) (CO₂Now, 2014). Dette er en betydelig økning fra det førindustrielle nivået som var 280 ppm. (Miljøverndepartementet, 2012, s.29). Dersom togradersmålet skal overholdes må totale CO₂-utslipp ikke overstige 2900 milliarder tonn. Det har allerede blitt sluppet ut 69 prosent av dette (FN, 2014b), og for å nå togradersmålet må internasjonale produksjons- og forbruksmønstre endres drastisk.

Energiproduksjon er den største kilden til utslipp i verden i dag. 35 prosent av de globale menneskeskapte klimagassutslippene stammet fra energiproduksjon i 2010 (Miljødirektoratet, 2014). For å redusere klimagassutslipp og samtidig dekke verdens fremtidige energibehov som følger av befolknings- og økonomisk vekst, blir en omstilling fra fossil- til fornybar energiproduksjon dratt frem som et av de viktigste satsningsområdene i den internasjonale klimapolitikken. EU vedtok i 2009 en klima- og energipakke som skal redusere klimagassutslippene og fremme bruken av fornybar energi. Innen 2020 har EU tre

hovedmål som ofte blir referert til som *20/20/20- målene*. EU-landene skal redusere totale klimagassutslipp med 20 prosent fra 1990-nivå. Samtidig er det satt mål om at 20 prosent av energiforbruket i EU skal være generert fra fornybare kilder- det såkalte Fornybardirektivet. Hvert medlemsland har blitt pålagt individuelle fornybarmål for å oppnå dette. Til sammenligning var fornybarandelen i EU kun 8,5 prosent i 2005. Det tredje hovedmålet er å redusere energibruken i den europeiske unionen med 20 prosent innen 2020 (Miljøverndepartementet, 2012, s.279).

Hovedverktøyet for å nå målet om 20 prosent utslippsreduksjon innen 2020, er det europeiske kvotesystemet (EU ETS). Norge har vært en del av kvotesystemet siden 2008, og om lag 50 prosent av norske utslipp er i dag underlagt kvoteplikten (Miljøstatus, 2013). Sammen med kvotesystemet er CO₂-avgiften det viktigste virkemiddelet for å redusere norske utslipp. I 1991 innførte Norge som et av de første landene i verden avgift på utslipp av klimagasser, og i 2012 var om lag 55 prosent av norske utslipp dekket av CO₂-avgiften (Miljøverndepartementet, 2012, s.92).

Fornybardirektivet skal fremme produksjon og bruk av fornybar energi i Europa for å oppnå en fornybarandel på 20 prosent innen 2020. Hvert medlemsland er bundet til individuelle nasjonale mål om fornybarandeler. Fornybardirektivet ble innlemmet i EØS-avtalen den 19.desember 2011 og Norge er forpliktet til å nå et mål om at 67,5 av vårt energiforbruk skal genereres fra fornybare kilder i 2020. Dette er den høyeste fornybarandelen i Europa, og det vil være en økning på om lag 7,6 prosent sammenlignet med 2005 (Bøeng, 2011). Det felles elsertifikatmarkedet med Sverige er hovedtiltaket for å nå dette målet. Målsetningen for Sverige er en fornybarandel på 49 prosent. I tillegg skal 10 prosent av transportsektoren baseres på fornybar energi i alle landene som er omfattet av Fornybardirektivet.

Det norske energimarkedet skiller vesentlig seg ut fra energimarkedene i de fleste andre europeiske landene. Elektrisitet utgjør om lag 50 prosent av det totale energiforbruket i Norge (SSB, 2013), og dette er det største elektrisitetsforbruket per innbygger i verden. Norge har fra naturens side et godt utgangspunkt for å ta i bruk fornybar kilder i energiproduksjonen, og vi er i motsetning til mange land i Europa ikke avhengige av importert energi. Om lag 54 prosent av energiforbruket i EU ble dekket av import i 2008, og i land som Italia og Spania var over 80 prosent av energiforbruket basert på import (fornybar.no, 2014). Å redusere importavhengigheten er derfor en viktig målsetning med fornybardirektivet.

I klimameldingen som ble lagt frem av Stoltenberg-regjeringen i 2012 (Miljøverndepartementet, 2012, s.198) påpekes det at utbygging av fornybar energi vil ha begrensede effekter på norske utslipp fordi mesteparten av det stasjonære energiforbruket i Norge er basert på vannkraft. Det hevdes allikevel at eksport av energien vil kunne føre til lavere utslipp i importlandene. Det er en mulighet for at økt produksjon av fornybar energi og redusert produksjon av fossil kraft isolert sett kan føre til reduserte insentiver til å kutte utslippene i andre sektorer som følge av lavere kvotepriser. Allikevel legges det til grunn i klimameldingen (*ibid*) at dette antakelig vil føre til at antall kvoter reduseres i fremtiden, og at økt produksjon av elektrisitet fra fornybare kilder på denne måten vil føre til klimagevinst.

2.2 Det norsk-svenske elsertifikatmarkedet

Siden 1.januar 2012 har Norge og Sverige hatt et felles marked for elsertifikater. Tiltaket er nedfelt i Elsertifikatloven som har som formål å bidra til økt produksjon av elektrisk energi fra fornybare kilder (Elsertifikatloven, § 1, 2011). Elsertifikatsystemet skal utvide elektrisitetsproduksjon basert på fornybare energikilder med 26,4 TWh (terrawattimer) totalt i Norge og Sverige innen 2020. Sverige etablerte et marked for elsertifikater allerede i 2003, og det norsk-svenske samarbeidet, som vil vare frem til 2035, er basert på den svenske utformingen av systemet.

Elsertifikatsystemet fungerer slik at elsertifikatberettigede strømprodusenter mottar elsertifikater fra henholdsvis Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i Norge og Energimyndigheten i Sverige. Et elsertifikat er en bekreftelse på at en MWh (megawattime) fornybar elektrisk energi er produsert i henhold til Elsertifikatloven (Statnett, 2013). Elsertifikatene kan selges i det svensk-norske markedet, og vil dermed føre til at de sertifikatberettigede produsentene får en ekstra inntekt utover produsentprisen på elektrisitet. Etterspørselen etter sertifikatene følger av at strømleverandører og visse sluttbrukere er kvotepliktige. Det vil si at de er lovpålagt å kjøpe elsertifikater som en gitt andel av sitt sluttforbruk. Sertifikatprisen vil derfor i praksis fungere som en subsidie til sertifikatberettiget produksjon og som en skatt på elektrisitetsforbruk. Tiltaket fungerer dermed som et rent markedsbasert virkemiddel, uten direkte statlige overføringer.

Elsertifikatberettiget produksjon er karakterisert som produksjon av elektrisk energi fra fornybare kilder. I Norge faller vannkraft, vindkraft, solenergi, havenergi, geometrisk energi og bioenergi inn under denne kategorien (Elsertifikatloven, § 7, 2011). I Sverige er i tillegg kraftproduksjon basert på torv elsertifikatberettiget (OED, 2011, s.31). For å ha rett på elsertifikater må produksjonsanlegget i tillegg enten ha hatt byggestart etter 7.september 2009, eller være et vannkraftverk med installert effekt inntil 1 MW som hadde byggestart etter 1.januar 2004 (Elsertifikatloven, § 8, 2011). Også allerede etablerte produksjonsanlegg kan søke om å motta elsertifikater hvis de på varig basis vil øke miljøvennlig produksjon som følge av opprustning og utvidelser med byggestart etter 7.september 2009.

Både Norge og Sverige har forpliktelser gjennom EUs fornybardirektiv. Norge har forpliktet seg til å nå et mål om at 67,5 prosent av totalt energiforbruk skal være basert på fornybare energikilder i 2020. Sverige ble pålagt å oppnå en fornybarandel på 49 prosent i 2020, og oppfylte kravet med en fornybarandel på 51,1 prosent allerede i 2012 (Eurostat, 2014a). Fornybarandelsmålet for Norge er det høyeste i Europa, og tilsvarende en økning på om lag 7,6 prosent sammenlignet med 2005 (Bøeng, 2011). Norge har fra naturens side et godt utgangspunkt for å produsere energi basert på fornybare kilder som vannkraft. Tilgang på mye og billig strøm har ført til at Norge har det største elektrisitetsforbruket per innbygger i verden. Allikevel er det potensial for utbygging av mer fornybar kraftproduksjon basert på blant annet vann-, vind- og bioenergi (Miljøverndepartementet, 2012, s.189).

Elsertifikatordningen er hovedverktøyet for å oppnå Norges forpliktelser gjennom Fornybardirektivet, og til og med 2013 ble det bygget anlegg tilsvarende en produksjon på 6,2 TWh total i det norsk- svenske elsertifikatmarkedet. Sverige har stått for 5,3 TWh og Norge har stått for 0,9 TWh av den totale utbygningen. 65,6 prosent av produksjonen er basert på vindkraft, 15,4 prosent på bioenergi, 19 prosent på vannkraft og 0,1 prosent på solenergi (Energimyndigheten, 2014).

2.3 Kvotemarkedet EU-ETS

Det europeiske kvotemarkedet, EU ETS (Emission Trading Scheme), ble innført i 2005 og er EUs viktigste virkemiddel for å kutte utslipp av karbondioksid. Kvotesystemet omfatter i dag de 28 EU-landene, Norge, Island og Liechtenstein. Om lag 45 prosent av klimagassutslippene i EU er underlagt kvotesystemet (EU, 2014a). Norge har siden 2008 vært en del av det

europiske kvotemarkedet, og i dag er ca. 50 % av norske utslipp underlagt kvotesystemet (Miljøstatus, 2014). Målet med kvotesystemet er å redusere utslipp på en kostnadseffektiv måte, og fri handel av utslippskvoter sikrer dette dersom markedet er drevet av fri konkurranse. Kvotene deles ut gratis til utvalgte bedrifter i tillegg til at de auksjoneres. I 2013 ble i overkant av 40 prosent av kvotene auksjonert ut i markedet, og målet er at all tilgang på kvoter skal være gjennom auksjon innen 2027 (EU, 2014b). En utslippskvote gir tillatelse til å slippe ut et tonn CO₂. Antall kvoter i markedet representerer derfor utslippsmålet, eller kvotetaket, som er bestemt av EU. Kvotetaket reduseres hvert år, og på denne måten vil kvotesystemet føre til lavere utslipp av klimagasser. Det er allerede satt rammer for hvordan kvotetaket skal endres i flere år fremover. Frem mot 2020 reduseres kvotetaket med 1,74 prosent hvert år. Og fra og med 2021 vil kvotetaket reduseres med 2,2 prosent årlig (EU, 2014c). Dette vil føre til at utslipp fra aktører underlagt kvotesystemet vil være om lag 43 prosent lavere i 2030 enn i 1990 (*ibid*).

Bedrifter som er underlagt kvotesystemet vil måtte betale for å slippe ut karbondioksid utover de kvotene de eventuelt mottar gratis. Det at kvotetaket er satt, i tillegg til at kvotene kan handles fritt, sikrer at kvotene vil ha en markedsverdi slik at det oppstår en pris på karbonutslipp. Dette vil internalisere kostnader knyttet til miljøskadene i bedriftenes produksjonskostnader, og etter hvert som kvotetaket senkes vil det lønne seg for bedriftene å gjennomføre utslippsreduserende tiltak. Stigende kvotepris vil føre til at den relative kostnaden knyttet til å innføre utslippsreduserende tiltak reduseres. På denne måten vil det bli mer attraktivt for energiprodusenter å investere i fornybar energiproduksjon.

Kvotemarkedet har oppfylt sitt mål i den forstand at utslippene hittil har ligget under kvotetaket. I tillegg har resultatet blitt oppnådd kostnadseffektivt. Det vil si at det bestemte utslippsmålet har blitt nådd til lavest mulige kostnader. Den siste finanskrisen har ført til reduserte utslipp fordi det har vært en nedgang i produksjonsvolumet i store deler av den europeiske industrien som er underlagt kvotesystemet. Dette har ført til et overskudd av kvoter, noe som har ført til at kvoteprisen har falt drastisk de siste årene. Lave CO₂-kvotepriser fører til en usikkerhet knyttet til investeringer i grønn energiproduksjon. Dersom kostnadene ved utslippsgenererende produksjon forventes å holdes lave, vil dette føre til at fornybar energiproduksjon vil være mindre konkurransedyktig på sikt (Tvinnereim, 2013). Mange ser det derfor som nødvendig å innføre andre tiltak for å øke fornybar kraftproduksjon nok til å dekke fremtidig energibehov. Elsertifikatsystemet er et eksempel på et slikt tiltak.

3 Teori

3.1 Hvordan fungerer elsertifikatmarkedet?

Investeringskostnadene knyttet til utbygging av kraftproduksjon basert på fornybare kilder er normalt så høye at denne typen produksjon ikke vil introduseres i markedet på egenhånd. Dette er fordi utbygging av denne typen produksjon ofte er knyttet til umoden teknologi og kostbare naturinngrep. Elsertifikatsystemet skal derfor fungere som en støtteordning som vil stimulere til økt kraftproduksjon fra elsertifikatberettigede anlegg, ved å dekke inn investeringskostnadene gjennom salg av sertifikater. Myndighetene tildeler elsertifikatberettigede produsenter et elsertifikat per MWh kraft produsert. Sertifikatene kan omsettes fritt i det norsk- svenske markedet og de elsertifikatberettigede produsentene vil på denne måten få en ekstra inntekt i tillegg til produsentprisen på elektrisitet, i form av elsertifikatprisen. Elsertifikatene vil på denne måten øke lønnsomheten av å investere i nye *grønne* produksjonsanlegg.

Tilbudet av elsertifikater avhenger av hvor mye sertifikatberettiget produksjon som genereres. Elsertifikatprisen vil stige dersom det er få som velger å investere i grønne kraftverk fordi tilbudet av sertifikater da vil reduseres. Og omvendt vil sertifikatprisen reduseres dersom det overinvesteres i ny kraftproduksjon slik at sertifikattilbudet øker (NVE, 2012a).

Etterspørselen etter sertifikatene følger av at strømleverandører og visse sluttbrukere med egen kraftanskaffelse er kvotepliktige. Det vil si at de er lovpålagt å kjøpe elsertifikater som en gitt andel av sitt sluttforbruk. Andelskravet, eller kvoteplikten, er et tall som angir hvor mange elsertifikater per megawatttime beregningsrelevant mengde elektrisk energi som de elsertifikatpliktige aktørene må etterspørre i det enkelte år, uttrykt i prosent. Tallet er bestemt av norske og svenske myndigheter, og er det eneste verktøyet myndighetene har for å påvirke markedet til å bygge ut 26,4 TWh ny fornybar produksjon innen 2020. Annullering av elsertifikater skjer i april hvert år frem til ordningen utløper, og elsertifikatpliktige aktører er lovpålagt å annullere sin andel elsertifikater. De som ikke overholder dette må betale en pris tilsvarende 150 prosent av sertifikatprisen for hvert sertifikat som ikke annulleres.

Elsertifikatplikten gjelder kun for *beregningsrelevant mengde* energi, det vil si elektrisk energi som er pålagt el-avgift. Utvalgte aktører er fritatt fra elsertifikatplikten i både Norge og Sverige. Dette gjelder blant annet kraftintensiv industri, som er utelatt for å kunne opprettholde konkurransedyktighet i det internasjonale markedet.

Andelskravet vil ha stor betydning for hvor mye elsertifikatberettiget produksjon som genereres. Det er rimelig å anta at en utvidelse av produksjonskapasiteten har stigende grensekostnader ettersom man tar i bruk, for eksempel, mindre og mindre fossefall og gjør mer og mer kostbare naturinngrep. Elsertifikatprisen må derfor øke når andelskravet øker for at investering i ny kapasitet skal være lønnsomt (Aune et al, 2005). Dersom kvotenivået settes for lavt i forhold til utbyggingspotensialet vil ikke etterspørselen etter sertifikater være stor nok til å presse opp elsertifikatprisen nok til at utbyggingskostnadene dekkes. For å sikre en viss fleksibilitet i markedet er det ikke satt noen tidsbegrensning på elsertifikatenes levetid. Sertifikatene kan selges i hvilket som helst år før systemet utløper i 2035, og det er dermed mulig for produsentene å holde sertifikater tilbake (OED, 2011, s.32). I kombinasjon med stigende andelskrav kan dette være med på å presse sertifikatprisen opp. Høy etterspørsel som følge av et høyt kvotenivå vil gi høyere sertifikatpriser dersom utbyggingen er lavere enn forventet. For at det skal bygges ut nok anlegg til å nå det totale produksjonsmålet for Norge og Sverige er det derfor viktig å ta hensyn til forventet utbygging i markedet. Hvor mye produksjon som bygges ut i hvert land avhenger av faktorer som overføringsnett, utbyggingskostnader, kostnader ved nettilknytning og prisforventninger (*ibid*, s.8).

Figur 1 viser årlige elsertifikatkvoter for norske kvotepliktige aktører fra innføringen av elsertifikatordningen i 2012 til den utløper i 2035. Fram mot 2020 vil andelskravet stige for å sikre at sertifikatetterspørselen øker i takt med utbyggingen av elsertifikatberettigede anlegg. Etter 2020 vil kvotekravet senkes for å redusere sertifikatetterspørselen ettersom flere anlegg vil fases ut av ordningen på dette tidspunktet.

Beregningsår for elsertifikatkvoten	Elsertifikatkvoten
2012	0,030
2013	0,049
2014	0,069
2015	0,088
2016	0,108
2017	0,127
2018	0,146
2019	0,165
2020	0,183
2021	0,182
2022	0,181
2023	0,180
2024	0,179
2025	0,176
2026	0,164
2027	0,151
2028	0,132
2029	0,113
2030	0,094
2031	0,075
2032	0,056
2033	0,037
2034	0,018
2035	0,009

Figur 1 Kilde: Elsertifikatloven § 17 (2011)

Elsertifikatprisen vil i praksis være en subsidie til sertifikatberettigede produsenter. Det er sluttbrukerne i Norge og Sverige som vil betale for denne subsidieringen ved at elsertifikatprisen legges til på deres strømgning, som en andel av totalt strømforbruk. Sertifikatprisen vil derfor være ekvivalent med en skatt på elektrisitetsforbruk. Sertifikatsystemet skal på denne måten erstatte direkte statlig støtte til fornybar energiproduksjon med markedsbaserte insentiver til produksjonsutvidelse. At man unngår en ny post i statsbudsjettet synes å være en attraktiv egenskap ved systemet. Allikevel er det stor usikkerhet knyttet til hvem som faktisk ender opp med å betale for subsidieringen. Dersom sertifikatordningen fører til at krafttilbudet øker mye mer enn etterspørselen kan dette føre til at produsentprisen på kraft faller drastisk, og den totale sluttbrukerprisen kan ende opp med å falle til et nivå under det den var på før implementeringen av tiltaket. I et slikt tilfelle vil ordinære produsenter ta hele regningen gjennom lavere produsentpris, og i Norge er store deler av denne produksjonen offentlig eiendom. Disse priseffektene avhenger av flere

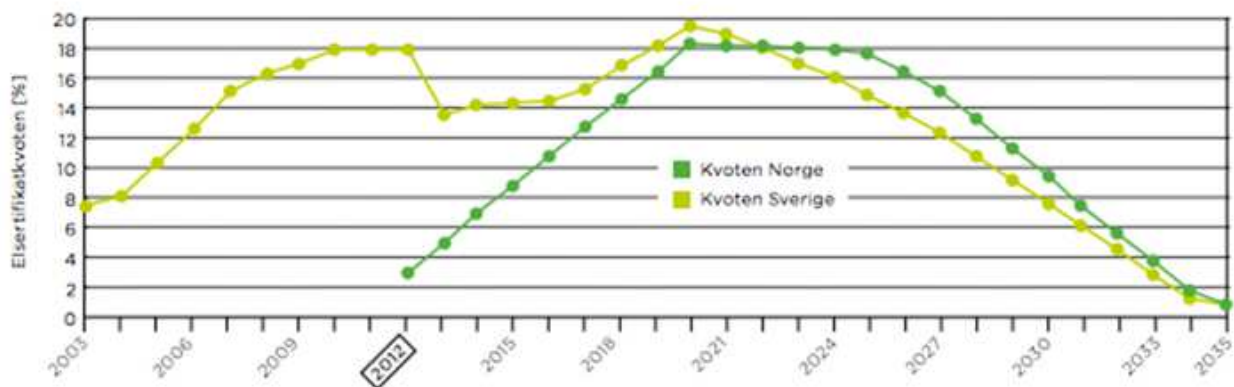
faktorer som marginalkostnader og fleksibiliteten i tilbud og etterspørsel. Slike faktorer vil være viktig å ta stilling til når man bestemmer andelskravet.

Elsertifikatordningen er teknologinøytral, det vil si at alle typer elsertifikatberettiget produksjon stiller på lik linje. Olje- og energidepartementet begrunnet i sin høringsuttalelse dette med at det er viktig med hensyn til verdiskapningen i Norge at de fornybare energiressursene blir utnyttet på en god måte (OED, 2010). Teknologinøytralitet vil føre til kostnadseffektivitet i den forstand at det vil bli bygget ut produksjon der det er mest lønnsomt først, uavhengig av teknologi. Produsentene som klarer å generere ny fornybar energi på den mest kostnadseffektive måten vil dermed få mest subsidiering gjennom sertifikatordningen. Man ønsker på denne måten å skape et marked der forskjellige typer grønn elektrisitet konkurrerer på de samme premissene slik at myndighetene slipper å involvere seg direkte i elektrisitetssektorens investeringsbeslutninger (Amundsen og Nese, 2009).

3.1.1 Samarbeidet med Sverige

EUs Fornybardirektiv åpner for å benytte ulike samarbeidsmekanismer mellom land for å nå de respektive fornybarmålene. Norge og Sverige er hittil de eneste landene som har valgt å ta i bruk en slik samarbeidsmekanisme, i form av elsertifikatordningen (NVE, 2012b).

Direktivet stiller ingen krav til at den fornybare energien som inngår i regnestykket for fornybarandelen til hvert enkelt land produseres innenfor landegrensene. Rapporteringen i henhold til direktivet baseres på hvor mye landene har finansiert, uavhengig av i hvilket av landene innenfor samarbeidet produksjonen finner sted (OED, 2011, s.9). Andelskravene i Norge og Sverige vil være forskjellige grunnet ulike forventninger til utbygging i hvert land. De er fastsatt slik at hvert land skal finansiere halvparten av det totale utbyggingsmålet på 26, 4 TWh. *Figur 2* viser utviklingen i andelskravet fra Sverige innførte elsertifikatmarkedet i 2003 og frem til det norsk- svenske samarbeidet vil avsluttes i 2035. Vi ser at det svenske andelskravet gikk ned ved starten av samarbeidet i 2012. Grunnen til dette er at produksjonen nå fordeler seg mellom Norge og Sverige, og tilgang på billigere utbyggingsmuligheter i Norge gjør at noe av utbyggingen vil flyttes hit.



Figur 2: Kvotekurver for Norge og Sverige. Kilde: NVE (2012)

Et felles marked med Sverige vil skape et større markedsvolum, og på denne måten bedre konkurransen og effektiviteten. Et større marked sikrer ytterligere effektivitet fordi investeringene i nye anlegg er uavhengig av i hvilket av landene utbygningen finner sted og hvilken teknologi som brukes (NVE, 2012a). Utbyggingen vil først skje der det er mest lønnsomt, og dette vil føre til bedre utnyttelse av de tilgjengelige fornybare ressursene. Samarbeidet med Sverige vil derfor føre til at samme mengde elsertifikatberettiget produksjon kan bygges ut til en lavere gjennomsnittlig elsertifikatpris enn hva som ville vært tilfellet i et norsk sertifikatmarked alene. I tillegg vil et større marked føre til at prisene holdes mer stabile, og dette vil føre til et bedre grunnlag for investeringsbeslutninger enn hva som ville vært tilfellet i et nasjonalt marked.

3.2 Klarering i et elektrisitetsmarked ved innføring av elsertifikater

For å beskrive klareringen i et kraftmarked der et elsertifikatsystem innføres, tar jeg utgangspunkt i en studie av effektene av en innføring av elsertifikater i et felles norsk/svensk kraftmarked gjort av Aune et al (2005) for Statistisk sentralbyrå. Deres resultater bygger på en analyse av pris- og volumeffektene av elsertifikatsystemet gjort av Torstein Bye (2003).

Det antas at man innfører et elsertifikatsystem i et autarkimarked med et elektrisitetsmarked bestående av både elsertifikatberettiget produksjon og ordinær produksjon som ikke mottar sertifikater. Myndighetene fastsetter et andelskrav, α , som bestemmer hvor mange elsertifikater kvotepliktige aktører må kjøpe i forhold til sitt forbruk, og som dermed tilsvarer den elsertifikatberettigede andelen man ønsker for elektrisitetsproduksjonen.

Når myndighetene innfører et andelskrav, α , vil konsumentene stå overfor en pris lik markedsprisen på elektrisitet, p , pluss en andel, α , av elsertifikatprisen, p_c . De vil dermed stå overfor en konsumentpris lik $p + \alpha p_c$. Kraftkonsumentene vil tilpasse sitt elektrisitetsforbruk ut fra den totale prisen de må betale for elektrisiteten. Siden det er rimelig å anta at grønn og ordinær elektrisitet antas å være perfekte substitutter for konsumentene, vil total etterspørsel etter strøm være en funksjon $f(p + \alpha p_c)$ av konsumentprisen. Produksjonen av ordinær elektrisitet avhenger av produsentprisen, p , og det ordinære tilbudet vil dermed være en funksjon $g(p)$. En andel $1 - \alpha$ av elektrisitetsforbruket vil rettes mot ordinær produksjon. Etterspørselen etter ordinær produksjon vil da være $(1 - \alpha)f(p + \alpha p_c)$. I likevekt har vi da at

$$(1) (1 - \alpha)f(p + \alpha p_c) = g(p)$$

En andel α av det totale forbruket vil stamme fra elsertifikatberettiget produksjon, som følge av elsertifikatplikten. Etterspørselen etter den grønne elektrisiteten vil derfor være $\alpha f(p + \alpha p_c)$. Tilbudet av grønn kraft vil være en funksjon av prisen de elsertifikatberettigede produsentene mottar per MWh strøm de selger, $h(p + p_c)$. Dermed må det i likevekt være slik at

$$(2) \alpha(p + \alpha p_c) = h(p + p_c)$$

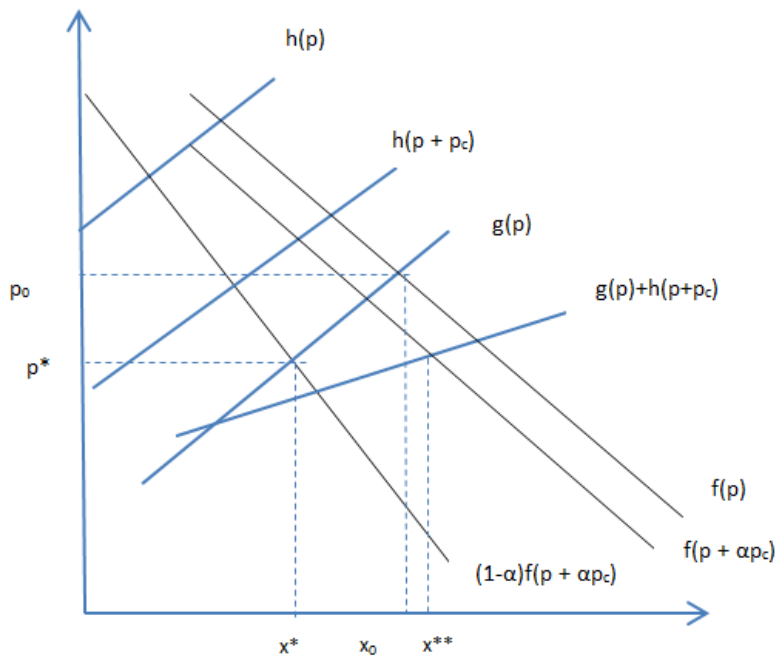
Likning (1) og (2) definerer elektrisitetsprisen og elsertifikatprisen som en funksjon av det eksogene andelskravet, α . Elsertifikatsystemet vil dermed tilsvare det å beskatte strømforbruk med en endogen skatterate αp_c i kombinasjon med å subsidiere grønn elektrisitetsproduksjon tilsvarende den endogene subsidieringsraten $(1 - \alpha)p_c$ (Bye, 2003).

Figur 3 viser hvordan klareringen i elektrisitetsmarkedet endres som følge av elsertifikatordningen. Uten elsertifikatberettigelse vil de nye grønne produksjonsanleggene ikke være lønnsomme. De vil ligge langt til høyre på den opprinnelige tilbudskurven $g(p)$. Etterspørselen etter elektrisitet i et marked uten elsertifikatsystemet vil være $f(p)$, og markedet klarer med elektrisitetspris p_0 og produksjonsvolum x_0 i figuren.

Elsertifikatplikten vil virke på samme måte som en skatt, slik at etterspørselskurven gjør et negativt skift til $f(p + \alpha p_c)$. Tilbudet fra ordinære produsenter vil fortsatt være $g(p)$.

Elsertifikatberettigede produsenter får nå en ekstra inntekt gjennom elsertifikatprisen, og tilbudet fra disse produsentene vil avhenge av både elektrisitetsprisen og sertifikatprisen og representeres av funksjonen $h(p + p_c)$. Tilbudet fra de sertifikatberettigede produsentene øker helt til andelskravet oppnås fordi sertifikatprisen vil presses opp som følge av kjøpsplikten slik at det blir lønnsomt å produsere den gitte andelen. Det totale tilbudet som følge av elsertifikatordningen vil dermed være $g(p) + h(p + p_c)$.

Markedet klarer nå til produsentpris p^* og produksjonsvolum x^{**} . I *Figur 3* er det antatt stigende grensekostnader for både ordinær- og elsertifikatberettiget produksjon og en etterspørsel som er avtakende i pris. I dette tilfellet vil elsertifikatordningen føre til økt totalt krafttilbud og lavere konsumentpris enn før innføringen av sertifikatene. Når det totale krafttilbudet øker vil dette, isolert sett, føre til at noe ordinær produksjon presses ut av markedet dersom deres grensekostnader ikke dekkes av den nye reduserte produsentprisen.



Figur 3: Markedsklarering med elsertifikater. Kilde: Aune et al (2005)

3.2.1 Et åpent elektrisitetmarked

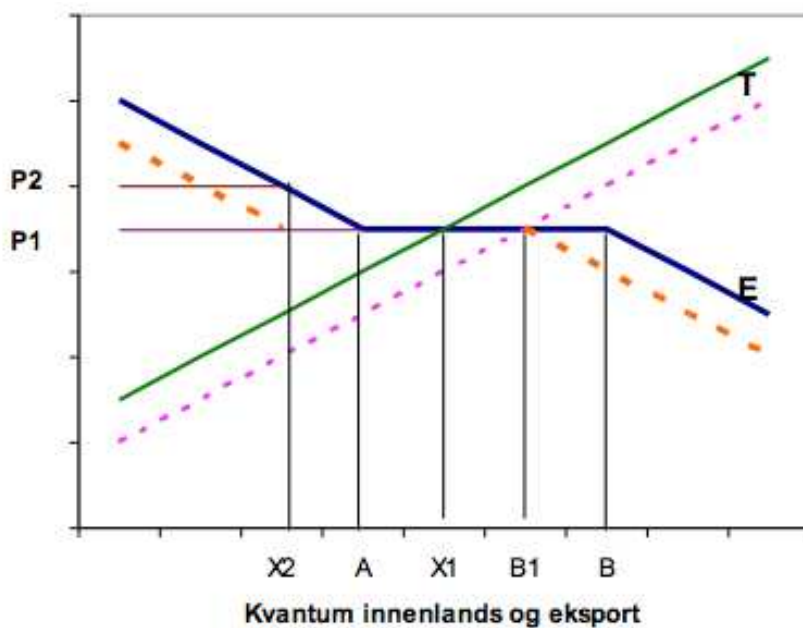
Dersom man antar at innføringen av elsertifikater i et lite land som Norge ikke har noen effekt på elektrisitetsprisen fordi man handler elektrisitet med utlandet, vil grensekostnadskurven være flat (Aune et al, 2005). Tilførsel av produksjonskapasitet i Norge vil ikke påvirke elektrisitetsprisen internasjonalt, og dermed heller ikke redusere lønnsomheten til allerede eksisterende kraftprodusenter i Norge. Prisen vil flates ut fordi tilbudet av energi fra utlandet vil øke dersom prisen i Norge skulle være stigende, og omvendt vil tilbudet innenlands reduseres dersom prisen er lav. Ordinær energiproduksjon vil i et slikt tilfelle ikke reduseres fordi en økning av det totale tilbudet som følge av elsertifikatordningen, vil kunne opprettholdes gjennom eksport.

Allikevel kan det antas at dersom man har et internasjonalt marked for både elsertifikater og elektrisitet vil grensekostnadene knyttet til utbygging av elektrisitetsproduksjon fra fornybare kilder ha stigende grensekostnader i alle land. Da vil elsertifikatmarkedet ha tilnærmet den samme effekten som uten internasjonal handel (*ibid*).

Om et land som innfører elsertifikater er nettoeksportør eller nettoimportør av elektrisitet vil ha innvirkning på effektene av sertifikatsystemet. Effektene vil også avhenge av kapasiteten i overføringsnettene og av om eksportprisen kan regnes som fast (Bye, 2003). Dersom man antar at et land er nettoeksportør av elektrisk kraft og det ikke er noen begrensninger i overføringsnettene, vil en økning i landets kraftproduksjon overføres til utlandet slik at sertifikatsystemet i praksis vil virke som en subsidiering av eksport. *Figur 4* viser likevekten i et slikt marked (Bøeng, 2011). Etterspørselen innenlands antas å være fallende i pris.

Utenlandsk etterspørsel vil være uendelig elastisk til en pris $P1$ så lenge det ikke eksisterer noen begrensninger i overføringsnettene, og etterspørselskurven vil dermed være helt flat når produksjonen ligger mellom A og B i figuren. A representerer etterspørselen i produksjonslandet, og B representerer maksimal eksportkapasitet. Etterspørselskurven vil falle etter B fordi man har utnyttet all eksportkapasitet, og fordi etterspørselen hjemme antas å være fallende i pris. I likevekt vil prisen innenlands være lik eksportprisen $P1$ og et volum $X1-A$ eksporteres. Dersom elsertifikatprisen fører til en økning i konsumentprisen på strøm innenlands, vil dette virke som en skatt som vil redusere etterspørselen innenlands. Samtidig vil sertifikatprisen virke som en subsidie for sertifikatberettiget produksjon, og dette vil øke tilbudet og flytte tilbudskurven ut. Innføringen av elsertifikater vil føre til en reduksjon i konsumet innenlands fra A til $X2$, og prisen i produksjonslandet vil stige til $P2$.

Eksportvolumet vil øke til $B1-X2$ som følge av redusert etterspørsel i tillegg til økt tilbud innenlands. Strømkundene i landet der elsertifikatsystemet er innført må dermed betale en høyere pris for elektrisitet og subsidierer på denne måten eksportøkningen.

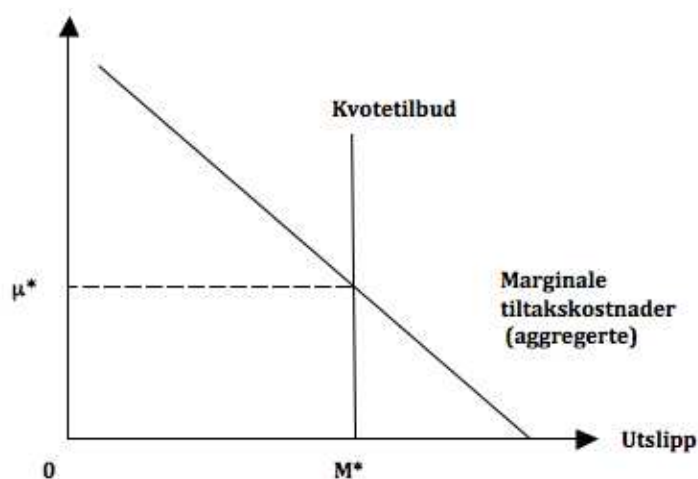


Figur 4: Innføring av elsertifikater ved eksport til fast pris. Kilde: Bøeng (2011)

3.3 Omsettelige utslippskvoter

Innføringen av omsettelige utslippskvoter bygger på prinsippet om at en økning i utslipp må møtes med en ekvivalent reduksjon i utslipp et annet sted. Det europeiske kvotemarkedet, EU-ETS, fungerer slik at EU fastsetter et kvotetak som bestemmer den totale tillatte utslippsmengden fra alle bedrifter som er underlagt kvotesystemet. En klimakvote tilsvarer utslipp av ett tonn karbondioksid og antall kvoter som innføres i markedet vil i sum utgjøre den bestemte utslippsgrensen, eller kvotetaket. Dersom bedrifter som er underlagt systemet genererer utslipp utover det de innehar av kvoter, vil de bli bøtelagt. Kvotetaket reduseres over tid, og på denne måten vil kvotemarkedet føre til lavere utslipp av klimagasser. Kvotene deles ut gratis i tillegg til at de auksjoneres ut til bedrifter i det europeiske markedet. I 2013 ble over 40 prosent av kvotene tilført markedet gjennom auksjonering, og denne andelen vil øke hvert år fremover. Målet er at alle kvotene skal tilføres markedet gjennom auksjonering i 2027 (EU, 2014b). En omstilling fra vederlagsfri utdeling, til salg av kvoter vil føre til mindre næringsvridende effekter i tillegg til at det vil gi økte inntekter til staten (Miljøverndepartementet, 2012, s.97).

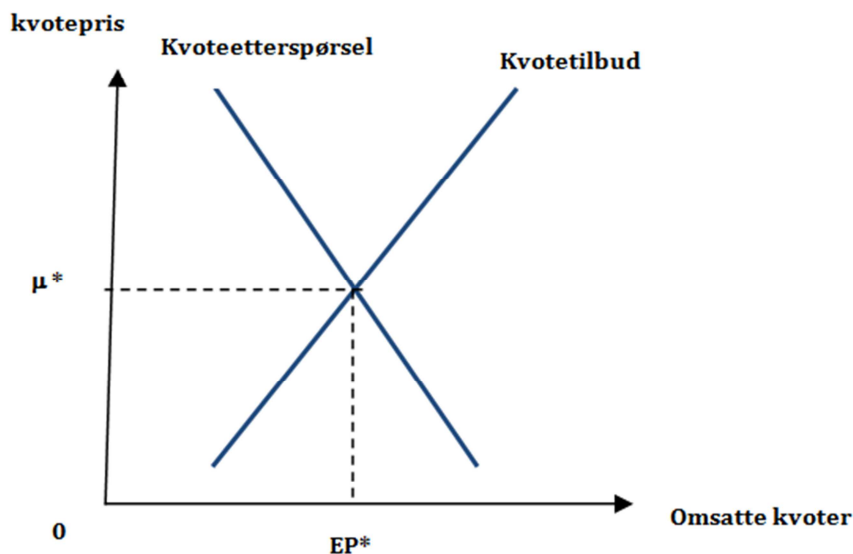
For å beskrive prisdannelsen i kvotemarkedet tar jeg utgangspunkt i utledningen fra Perman et. al (2011, s.205). Når CO₂-kvotene auksjoneres ut til bedriftene vil den aggregerte kvoteetterspørselskurven gjenspeile bedriftenes aggregerte grensenytte av å slippe ut CO₂. I likevekt vil den aggregerte grensenytten knyttet til utslipp være ekvivalent med deres aggregerte grensekostnader ved utslippsreduksjon. Bedriftene kan redusere sine utslipp enten ved å redusere sin produksjon eller ved å investere i teknologi som reduserer utslipp. Fordi kvotene kan omsettes fritt i markedet vil markedsprisen på en kvote gjenspeile alternativkostnaden ved å slippe ut et tonn CO₂. Kvoteprisen bestemmes av bedriftenes aggregerte grensekostnader ved utslippsreduksjon, som vil være stigende. Bedriftene vil kjøpe en ytterligere kvote dersom de marginale kostnadene ved å redusere utslipp overstiger kvoteprisen. Kvote tilbudet, M^* , representerer kvotetaket og vil være en vertikal kurve. Prisen for en utslippskvote vil i likevekt være μ^* når tilbudet er gitt av M^* . Prisdannelsen i et marked med auksjonering av utslippskvoter er illustrert i *Figur 5*.



Figur 5 Kilde: Perman et al. (2011)

Når myndighetene deler ut kvoter gratis til forurensende bedrifter, vil kvoteprisen i likevekt være den samme som ved auksjonering, fordi kvotene kan handles fritt. Grenseverdien av en ytterligere kvote vil være lik null for bedrifter som sitter på flere kvoter enn det de behøver for å dekke sine utslipp. Grenseverdien av en ytterligere kvote for bedrifter som ikke har fått tildelt nok kvoter for å dekke sine utslipp, vil avhenge av den enkelte bedriftens grensekostnader ved utslippsreduksjon. Bedriftene som har lavest kostnader knyttet til utslippsreduksjon vil tjene på å selge kvoter de får til overs som følge av å redusere utslipp,

til bedrifter med høyere kostnader knyttet til utslippsreduksjon. Allokeringen vil derfor også i dette tilfellet bli slik at bedriftenes grensekostnader ved utslippsreduksjon vil være identiske i likevekt. *Figur 6* viser prisdannelsen i et marked med en initialallokering av gratiskvoter til bedrifter. EP^* representerer antall kvoter som handles i markedet. $EP^* < M^*$ fordi ikke alle kvotene frigjøres i markedet som følge av at en del kvoter beholdes av bedriftene som har blitt tildelt kvotene direkte. Det totale antall kvoter vil fortsatt være M^* .



Figur 6 Kilde: Perman et al. (2011)

3.4 Elsertifikater og kvotemarkedet

I følge Amundsen og Nese (2009) er en klar effekt av en økning i elsertifikatkvoten at ordinær elektrisitetsproduksjon vil reduseres dersom produksjonen har stigende grensekostnader. Dette resultatet gjelder både under autarki og når det åpnes for handel av elsertifikater og elektrisitet mellom to land. Dersom et elsertifikatsystem innføres i et land der ordinær elektrisitetsproduksjon er basert på fossile energikilder, vil dette være hensiktsmessig i den forstand at en økning i elsertifikatberettiget produksjonsandel vil skje på bekostning av forurensende kraftproduksjon. Et mål om å øke andelen fornybar elektrisitetsproduksjon i et land som Norge vil ha mindre klare effekter fordi eksisterende kraftprodusenter nesten utelukkende er miljøvennlige vannkraftverk. Økt produksjon av elektrisk energi fra fornybare kilder vil derfor ikke ha noen direkte effekt på nasjonale utslipp. En reduksjon av

utslippsgenererende produksjon som følge av elsertifikatsystemet vil derfor i Norges tilfelle først og fremst skje gjennom eksport av fornybar elektrisitet til utlandet. Elsertifikatsystemet vil på denne måten, isolert sett, føre til reduserte klimagassutslipp (Böhringer & Rosendahl, 2009). Det vil derimot ikke være det mest *effektive* instrumentet, verken alene eller i kombinasjon med kvotemarkedet, dersom målet er å redusere utslipp (Aune et al, 2011).

Et kvotesystem med omsettelige utslippstillatelser vil, isolert sett, føre til lavere utslipp. I tillegg vil dette skje på en kostnadseffektiv måte gjennom internalisering av de eksterne skadelige miljøeffektene i produsentenes kostnadsfunksjon. Dette vil i seg selv gjøre det relativt mer attraktivt for fossile produsenter å investere i fornybar teknologi. Allikevel vil ikke et instrument som alene oppfyller et gitt mål nødvendigvis fungere like godt i samspill med andre tiltak når de opererer i samme marked. Elektrisitetsmarkedet er typisk utsatt både for tiltak rettet mot å fremme fornybar energi og for utslippsregulerende tiltak. Böhringer og Rosendahl (2009) har analysert effektene av å implementere et elsertifikatsystem i et marked som allerede er omfattet av utslippskvotesystemet. De kommer frem til at elsertifikatordningen faktisk vil være til fordel for de mest utslippsintensive kraftprodusentene. Grunnen til dette er at tiltak som øker andelen grønn kraft vil redusere inntekten til produsenter av kraft basert på ikke-fornybare kilder, gjennom lavere strømpriser, og dermed føre til at disse produserer mindre. Når totale utslipp er bestemt av kvotemarkedet vil kvoteprisen falle som følge av lettet press i markedet, og dette vil være til fordel for de mest utslippsintensive bedriftene. Når noen forurensende anlegg reduserer sin elektrisitetsproduksjon som følge av lavere strømpriser, vil det løsrives kvoter som fører til lavere kvotepris, og derav reduserte kostnader knyttet til utslipp for de som forurenser aller mest. Resultatet er at de produsentene som forurenser mest i utgangspunktet, vil produsere mer (*ibid*). Resultatet vil være det samme dersom eksport av grønn kraft fra Norge og Sverige vil erstatte fossil kraftproduksjon i andre europeiske land. Lavere kvotepriser vil føre til at den relative kostnaden knyttet til å investere i fornybar teknologi, for eksisterende forurensende produsenter, øker. Tiltak som er innført for å øke fornybar kraftproduksjon kan på denne måten føre til at klimagevinsten knyttet til kvotesystemet reduseres.

Kombinasjonen av elsertifikater og omsettelige utslippskvoter kan i verste fall forsake effekter i motsatt retning av det som er intensjonen (Amundsen & Nese, 2009). Selv om kvotesystemet ikke er direkte rettet mot å øke fornybarandelen i elektrisitetsmarkedet, vil det ha effekt på den relative kostnaden knyttet til elsertifikatberettiget elektrisitetsproduksjon

dersom de to verktøyene opererer i samme marked. En økning i kvoteprisen impliserer økte grensekostnader for ordinær energiproduksjon, dersom denne er basert på fossile kilder. Det følger av dette at grensekostnadsfunksjonen for total elektrisitetsproduksjon, som er en lineær kombinasjon av grensekostnadene for både elsertifikatberettiget- og ordinær produksjon, gjør et positivt skift. En økning i kvoteprisen vil dermed øke konsumentprisen, og etterspørselen reduseres. Fordi andelen kraft fra elsertifikatberettigede produsenter er gitt av elsertifikatkvoten, følger det at både ordinær- og grønn produksjon må reduseres. En økning i kvoteprisen vil altså presse ned elsertifikatprisen, og som følge av redusert lønnsomhet, vil den sertifikatberettigede produksjonen falle (*ibid*).

3.5 Samfunnsøkonomiske kostnader

Når kraftleverandører pålegges å kjøpe en gitt elsertifikatkvote oppgitt i prosent vil dette føre til at en høyere *andel* av totalt elektrisitetskonsum stammer fra elsertifikatberettigede anlegg, men det vil ikke nødvendigvis føre til økt grønn produksjon på sikt (Amundsen & Nese, 2009). Kun hvis etterspørselen etter elektrisitet øker sammen med andelskravet vil dette være forenlig med en økning i fornybar produksjon (*ibid*). Om en økning av elsertifikatkvoten vil føre til økt totalproduksjon avhenger også av tilbudselasticiteten til ordinære produsenter. I Norge er det eksisterende tilbudet tilnærmet uelastisk fordi de variable kostnadene knyttet til vannkraft er svært lave i og med at vannet kommer gratis med tilsigene (OED, 2012, s.32). Dermed vil total kraftproduksjon øke når det bygges ut flere elsertifikatberettigede anlegg som følge av det norsk-svenske sertifikatmarkedet.

Kraftforbruket i både i Norge og i Norden generelt, har flatet ut de siste årene (Statkraft, 2011). For å imøtekomme det økende krafttilbudet fra svenske og norske produsenter må det derfor legges til rette for elektrifisering i sektorer som i dag baserer seg på fossil energi, eller det må bygges ut nok mellomlandsforbindelser. Norge var, allerede før elsertifikatsystemet ble iverksatt, nettoeksportør av kraft. Bye (2003) viser at dersom en elsertifikatordning innføres et land som er nettoeksportør av elektrisitet, vil konsumentene innenlands i praksis subsidiere eksportøkningen dersom sertifikatprispåslaget fører til økte konsumentpriser innenlands. Denne situasjonen ble beskrevet i avsnitt 3.2.1. I følge en numerisk simuleringsanalyse av Bye (*ibid.*) vil konsumentprisene i Norge derimot reduseres på sikt

dersom andelskravet holdes under 25 prosent (jf. avsnitt 3.8.3). Dersom dette er tilfellet vil eksisterende kraftprodusenter ta hele regningen i form av lavere produsentpriser.

Konsumentprisen på elektrisk kraft i Norge vil kunne gå både opp og ned fordi den avhenger av både produsentprisen, som vil gå ned, og elsertifikatprisen, som øker med andelskravet. Hvor mye sluttbrukerne ender opp med å betale avhenger av tilbudselasticitetene til både ordinære- og grønne produsenter og fleksibiliteten i etterspørselen. Etterspørselselasticiteten vil kun påvirke størrelsen på prisseffekten, ikke retningen (Fischer, 2009). Sannsynligheten for at konsumentprisen reduseres er derimot høyere dersom man innfører en elsertifikatordning i et marked som allerede er underlagt utslippskvotesystemet, fordi redusert kvotepris vil ha stimulerende effekt på ordinær produksjon (Böhringer og Rosendahl, 2009). Strømprisen kan allikevel ventes å stige dersom sertifikatssystemet innføres i et marked med utslippsgenererende kraftproduksjon, hvis graden av utslippsintensitet varierer mye hos de ordinære produsentene i tillegg til at de sertifikatberettigede produsentenes grensekostnader er vesentlig mer tiltakende enn grensekostnadene knyttet til produksjon fra de ordinære kraftverkene med lavest utslippsintensitet (*ibid*).

I Norge vil allerede eksisterende elektrisitetsprodusenter, i hovedsak vannkraftverk, være de som ender opp med å betale mest for elsertifikatordningen i form av reduserte produsentpriser. Dette er fordi eksisterende vannkraftverk har lave variable utgifter knyttet til produksjonen, og tilbudet er derfor tilnærmet uelastisk. Disse anleggene vil dermed ikke presses ut av markedet, men lønnsomheten vil reduseres som følge av økt krafttilbud. Eksportkapasiteten vil ikke være stor nok til å ta imot det økte krafttilbudet (Bye & Amundsen, 2012), slik at produsentprisen i Norge nødvendigvis må falle som følge av elsertifikatsystemet. Selv om elsertifikatprisen vil virke som en skatt på elektrisitetsforbruk er det usikkert om konsumentprisen vil øke. Dette er fordi et økt krafttilbud samtidig vil presse produsentprisen ned. Hvilken effekt som er sterkest avgjør i hvilken retning konsumentprisen vil gå. I følge Bye (2003) vil tilbudseffekten være større enn etterspørselseffekten så lenge andelskravet holdes under 25 prosent. I Norge vil andelskravet etter planen ikke overstige 20 prosent. Fordi stat og kommune er dominerende eier av de ordinære vannkraftverkene i Norge vil det være disse som må ta den største delen av kostnadene for elsertifikatordningen. Aune et al (2005) kommer frem til at Norge, samlet sett, vil tape på det elsertifikatsamarbeidet med Sverige. De anslår også at det er de eksisterende kraftprodusentene som vil tape mest på ordningen. For staten vil dette bety tap i form av

reduisert inntektsskatt, grunnrenteskatt, naturressursskatt og direkte eierskap i eksisterende kraftverk (*ibid*). Bye og Amundsen (2012) anslår at stat og kommune vil tape mellom 13 og 20 milliarder kroner hvert år, som følge av ordningen. De store vinnerne vil være kraftkonsumenter som er utelatt fra elsertifikatplikten. Det at kraftintensiv industri ikke er elsertifikatpliktig, betyr at deres lønnsomhet vil øke, noe som igjen kan føre til høyere utslipp i industrien (Hagem & Rosendahl, 2011).

Det kan sies mye om hvor vidt det bør være et mål i seg selv å øke fornybarandelen i et land som Norge. Når vi allikevel nå har bundet oss til et slikt mål gjennom Fornybardirektivet, innebærer dette at bruk av energi får en økt samfunnsøkonomisk kostnad. Dette gjelder imidlertid konsum av alle typer energi og ikke kun elektrisitetsbruk. Elsertifikatprisen vil fungere som en skatt på strømbruk, men gir ingen insentiver til å redusere annet energibruk. Elsertifikatordningen fører derfor til at de negative eksterne effektene kun delvis blir internalisert i markedet (*ibid*). I Norge kan denne skatten bli flyttet delvis eller helt over på eksisterende miljøvennlige produsenter, noe som vil kunne føre til at elektrisitetsforbruket faktisk øker, som følge av lavere konsumentpris.

I tillegg til pengemessige økonomiske kostnader vil elsertifikatordningen føre med seg samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til naturinngrep. Storstilt utbygging av vindmøller og småskalaproduksjon, samt behov for nye kraftlinjer, vil føre til betydelige velferdstap.

3.6 Hvorfor støtte fornybar energiproduksjon?

Selv om et utslippskvotesystem eller beskatning av klimagassutslipp i seg selv vil føre til mer fornybar kraft, vil det i noen tilfeller eksistere positive eksterne effekter knyttet bestemte typer produksjon som kan gi grunnlag for direkte støtteordninger. Forskning og utvikling av ny produksjonsteknologi vil ha positive samfunnsmessige virkninger som ikke gjenspeiles i den enkelte aktørens gevinst. Dersom det eksisterer slike eksterne læringseffekter, krever samfunnsøkonomisk effektivitet en form for subsidiering av produksjonen.

Det at elsertifikatordningen er teknologinøytral fører til at det vil bygges ut grønn kraft der det er billigst, uavhengig av teknologi, og dette vil sikre kostnadseffektivitet dersom målet er

å møte forpliktelsene under EUs fornybardirektiv (Hagem & Rosendahl, 2011). Det gir derimot lite insentiver til forskning og utvikling av ny teknologi, og dersom man ønsker å stimulere utviklingen av grønn teknologi vil det være mer effektivt å støtte forskning og utvikling direkte (*ibid*).

3.7 Erfaringer

Elsertifikatsamarbeidet mellom Norge og Sverige har nå vart i over to år, og mange viktige erfaringer har blitt høstet. Det ble bygget anlegg tilsvarende en produksjon på 6,2 TWh total i markedet i til og med 2013. Sverige har stått for 5,3 TWh og Norge har stått for 0,9 TWh av den totale utbygningen. 65,6 prosent av produksjonen er basert på vindkraft, 15,4 prosent på bioenergi, 19 prosent på vannkraft og 0,1 prosent på solenergi (Energimyndigheten, 2014).

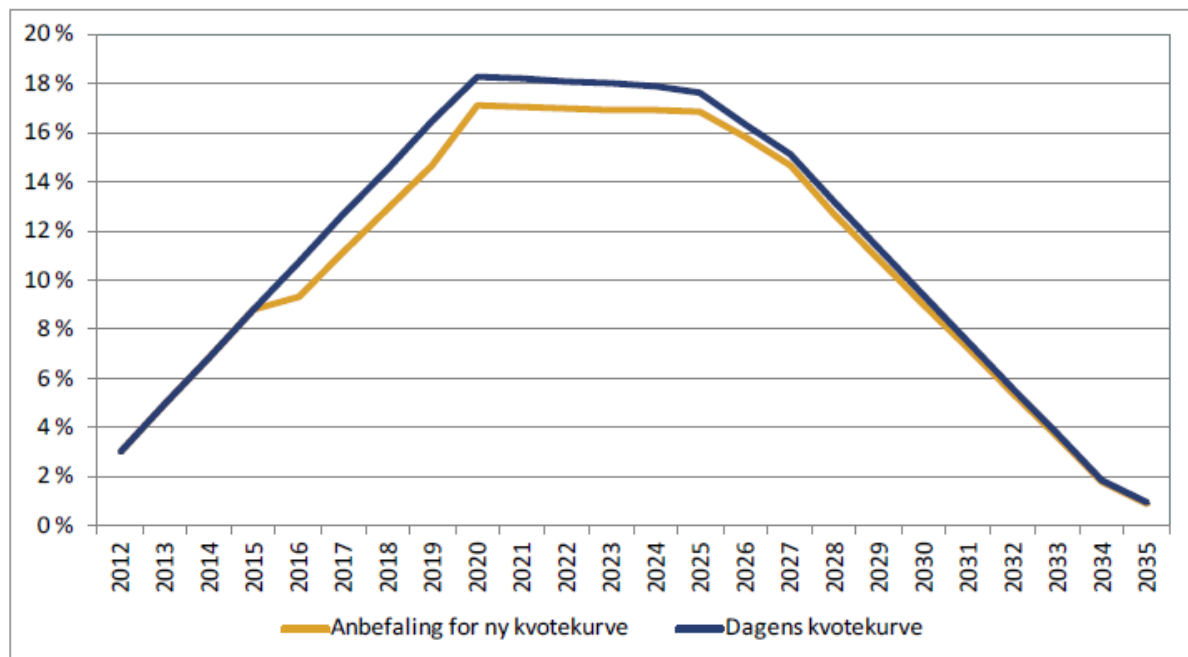
I 2013 betalte den gjennomsnittlige strømkunden 1,5 øre/kWh for elsertifikater, og til sammen finansierte dermed norske strømkunder elsertifikatordningen med 1,2 milliarder kroner i følge NVE (2014a).

Eventuelle endringer i elsertifikatordningen skal gjøres i forbindelse med en kontrollstasjon der norske og svenske kontrollorganer sammen skal sørge for at systemet fungerer etter hensikten. Den første kontrollstasjonen vil finne sted i løpet av 2015, og i den forbindelse har NVE (2014b) foretatt en gjennomgang av elsertifikatordningen der de kommer med forslag til utbedringer av systemet.

Elsertifikatetterspørselen i Norge har vært høyere enn ventet. Dette henger sammen med at beregningsrelevant forbruk har hittil vært høyere enn det som ble estimert da kvotekurven ble utformet. Dette har ført til en større etterspørsel etter sertifikater enn ventet i Norge. I tillegg forventes det at produksjonen fra de elsertifikatberettigede kraftverkene som ble satt i drift før 2012 vil være lavere enn estimert. Derfor ønsker NVE å nedjustere den norske kvotekurven (NVE, 2014b). *Figur 7* viser forslag til justering i kvotekurven.

I Sverige er tilfellet det motsatte. Der har det beregningsrelevante elektrisitetsforbruket vært noe lavere enn forventet, i tillegg til at utstedelse av elsertifikater til kraftverk med byggestart

før samarbeidet med Norge startet har vært større enn forventet. Derfor har Energimyndigheten i Sverige foreslått en nedjustering av den svenske kvotekurven (*ibid*).



Figur 7: Justering av kvotekurvet i Norge. Kilde: NVE(2014)

Totalt i det svensk-norske markedet har tilbudet av elsertifikater vært høyere enn etterspørselen. Etter to år med felles marked, har den totale sertifikatbeholdningen økt med 0,2 millioner sertifikater (*ibid*). Dette trekker i retning av lavere elsertifikatpris. Isolert sett fører dette til lavere investeringsvilje fordi denne avhenger av summen av kraftprisen og elsertifikatprisen. Elsertifikatbeholdningen er viktig for fleksibiliteten i markedet, men samtidig vil et stort overskudd av elsertifikater i markedet kunne være til hinder for å nå målsetningene innen 2020.

NVE ønsker i tillegg å endre kvoteplikten som i dag er et andelskrav, til et volumkrav, for å gi økt forutsigbarhet for aktørene i markedet (*ibid*). Dette vil ikke endre likevektspunktet i markedet (jf. avsnitt 3.2), men andelen elsertifikatberettiget produksjon vil da være endogen (Aune et al, 2005).

Det totale volummålet for samarbeidet endres derimot ikke. Både NVE og Energimyndigheten mener det ligger godt til rette for å nå målet om 26,4 TWh ny fornybar kraft i 2020 fordi det er god tilgang på nye prosjekter i begge land (NVE, 2014b).

3.8 Komparativ statikk

3.8.1 Modell: Amundsen & Nese (2009)

For å beskrive samspillet mellom elsertifikatsystemet og kvotesystemet i kraftmarkedet tar jeg utgangspunkt i en studie utført av Amundsen og Nese (2009). De har analysert effektene av å integrere grønne sertifikater i et marked som allerede er omfattet av kvotesystemet. Til og med avsnitt 3.8.3 er basert på deres analyse.

Elsertifikatberettiget produksjon vil i det følgende bli omtalt som grønn produksjon, mens ordinær produksjon antas å være utslippsgenererende produksjon underlagt det europeiske kvotesystemet. Det antas at det eksisterer mange produsenter av både ordinær og grønn elektrisitet i tillegg til mange kraftleverandører og sluttbrukere, slik at både elsertifikatmarkedet og det ordinære kraftmarkedet er preget av frikonkurranse. Det blir for enkelhets skyld også antatt at det ikke eksisterer verken distribusjonskostnader eller nettskranker.

3.8.2 Autarki

For å se på samspillet mellom sertifikatsystemet og kvotesystemet isolert sett, er det interessant å se på virkningene av elsertifikatene i et autarkimarked med et utslippskvotesystem, der det verken foregår handel med elsertifikater eller elektrisitet med andre land.

Produsentene maksimerer sin profitt gitt ved

$$\Pi(y) = qy + (q + s)z - c(y, \tau) - h(z)$$

der q er produsentprisen på elektrisitet, y er produksjon av ordinær elektrisitet, s er elsertifikatprisen og z er grønn elektrisitetsproduksjon.

Industriens kostnadsfunksjon for ordinær kraft er $c(y, \tau)$. τ er en parameter som representerer prisen på en utslippskvote og det antas at grensekostnadene knyttet til ordinære produksjon er stigende slik at

$$\frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \geq 0 \text{ og } \frac{\partial^2 c}{\partial y \partial \tau} \geq 0.$$

$h(z)$ er industriens kostnadsfunksjon for elsertifikatberettiget produksjon og det antas også her

at grensekostnadene er stigende slik at $\frac{\partial h}{\partial z} > 0$ og $\frac{\partial^2 h}{\partial z^2} \geq 0$.

For ordinær elektrisitetsproduksjon vil førsteordensbetingelsen for profittmaksimering være

$$q = \frac{\partial c(y, \tau)}{\partial y}$$

og for de elsertifikatberettigede produsentene vil førsteordensbetingelsen for profittmaksimering være

$$q + s = \frac{\partial h(z)}{\partial z}.$$

Etterspørselen etter elsertifikater, g^d , vil følge direkte av andelskravet og vil dermed være en andel, α , av total kraftetterspørsel. Elsertifikatetterspørselen er dermed gitt av $g^d = \alpha x$, der α representerer andelskravet. Elsertifikattilbudet, g^s , følger direkte av hvor mye grønn elektrisitet som produseres slik at $g^s = z$.

Likevekt i elsertifikatmarkedet og elektrisitetsmarkedet karakteriseres av følgende sammenhenger, der likevektsverdier er merket med stjerne:

$$(1) \quad p(x^*) = q^* + \alpha s^*$$

$$(2) \quad x^* = y^* + z^* = z^* / \alpha$$

$$(3) \quad q^* = \frac{\partial c(y^*, \tau)}{\partial y}$$

$$(4) \quad q^* + s^* = \frac{\partial h(z^*)}{\partial z}$$

Frikonkurranse i leverandørmarkedet sikrer at konsumentprisen vil være lik produsentprisen på ordinær elektrisitet pluss en andel, α , av sertifikatprisen. Ligning (1) viser dermed at den inverse etterspørselsfunksjonen vil være lik konsumentprisen i likevekt. Ligning (2) sier at totalt elektrisitetskonsum består av både sort og grønn kraft og at grønn elektrisitetsproduksjon i likevekt vil være en andel, α , av totalt elektrisitetsforbruk slik at $z^* = \alpha x^*$. Det følger at produksjon av ordinær kraft i likevekt vil være en andel, $1-\alpha$, av totalt sluttforbruk slik at $y^* = (1-\alpha)x^*$. Ligning (3) og (4) representerer førsteordensbetingelsene for profittmaksimering for henholdsvis ordinære og grønne produsenter.

Ved å sette inn for ligning (2)-(4) i (1) ser vi at i likevekt vil sluttbrukerprisen på elektrisitet være en funksjon

$$(5) \quad p(x^*) = (1-\alpha) \frac{\partial c(y^*, \tau)}{\partial y} + \alpha \frac{\partial h(z^*)}{\partial z}$$

Effekter av andelskravet, α

For enkelhets skyld er ikke optimale verdier lenger markert med stjerne.

Endringen i grønn produksjon som følger av en endring i andelskravet er følgende:

$$\frac{dz}{d\alpha} = \frac{\alpha s + x[(\partial p / \partial x) - (1-\alpha)(\partial^2 c / \partial y^2)]}{D}, \text{ hvor } D = \left[\frac{\partial p}{\partial x} - (1-\alpha)^2 \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} - \alpha^2 \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} \right].$$

Nevneren er negativ og telleren er ubestemt, så effekten en økning i elsertifikatkvoten vil ha på grønn elektrisitetsproduksjon vil være ubestemt. Sertifikatkvoten bestemmer andelen grønn elektrisitet av totalt sluttforbruk, men Amundsen og Nese (2009) viser at fordi α er en andel og ikke en gitt produksjonsmengde så vil det ikke nødvendigvis føre til at grønn produksjon øker dersom man øker andelskravet. Andelen grønn produksjon kan faktisk øke selv om omfanget av den grønne produksjonen reduseres dersom både totalt sluttforbruk og ordinær produksjon reduseres nok.

Effekten på ordinær produksjon som følge av en endring i andelskravet vil være

$$\frac{dy}{d\alpha} = \frac{(1-\alpha)s + x \left[\alpha \left(\frac{\delta^2 h}{\delta z^2} \right) - \left(\frac{\delta p}{\delta x} \right) \right]}{D} < 0$$

Her er telleren positiv og nevneren negativ slik at uttrykket er negativt, og en økning i andelskravet vil føre til en reduksjon i ordinær elektrisitetsproduksjon. Dersom grensekostnadene ved ordinær produksjon er stigende vil derfor også produsentprisen falle som følge av en økt elsertifikatkvote. Videre kan det vises at effekten av andelskravet på total elektrisitetsproduksjon generelt er ubestemt. Endringen i total produksjon som følge av en endring i andelskravet er

$$\frac{dx}{d\alpha} = \frac{s + x \left[\alpha \left(\frac{\delta^2 h}{\delta z^2} \right) - (1-\alpha) \left(\frac{\delta^2 c}{\delta y^2} \right) \right]}{D}$$

Effekten på total produksjon avhenger av grensekostnadene til ordinær produksjon. Dersom de er konstante vil en økning i andelskravet redusere total produksjon.

De ulike effektene vil avhenge av størrelsen på andelskravet. Dersom andelskravet er lik null, vil en økning av kravet føre til en økning i grønn produksjon, men effekten på totalt elektrisitetskonsum vil være ubestemt.

Effekter av CO₂-kvoteprisen, τ

For å analysere effekten av prisen på utslippskvoter vil ordinær elektrisitetsproduksjon her antas å være produksjon fra ikke-fornybare kilder som er underlagt kvotesystemet. I Norge er ordinær elektrisitetsproduksjon stort sett ikke- forurensende vannkraftverk og kvoteprisen vil derfor ikke ha direkte kostnadseffekter på denne produksjonen. Elektrisitetsmarkedet er allikevel typisk underlagt kvotesystemet ellers i Europa, og det er derfor interessant å se på samspillet mellom kvotemarkedet og elsertifikatmarkedet i et autarki der dette er tilfellet.

Ved implisitt derivasjon av ligning (5) med hensyn på kvoteprisen, τ , får man at endringen i grønn elektrisitetsproduksjon som følge av en endring i kvoteprisen vil være

$$\frac{dz}{d\tau} = \frac{\alpha(1-\alpha) \left(\frac{\delta^2 c}{\delta y \delta \tau} \right)}{D} < 0$$

Som følge av antakelsen om stigende grensekostnader ved ordinær produksjon vil produksjonen av grønn energi reduseres dersom kvoteprisen øker. Ordinær produksjon, og dermed også total produksjon, vil også reduseres som følge av økt kvotepris. Dette følger av at $z^* = \alpha x^* = \alpha(1 - \alpha)y^*$.

At en økning i kvoteprisen reduserer produksjonen av grønn energi er kontraintuitivt fordi en økning i utslippskvoteprisen isolert sett gjør det mer lukrativt å produsere grønt. Når de to verktøyene blir implementert i det samme markedet vil dette allikevel være tilfellet fordi grensekostnadskurven for ordinær energiproduksjon skiftes ut, noe som fører til at grensekostnadsfunksjonen for total produksjon skiftes ut som følge av at denne er en lineær kombinasjon av marginalkostnadene i begge typer produksjon. Dette vil føre til at konsumentprisen øker og elektrisitetsbruken går ned, gitt at etterspørselen ikke er helt uelastisk. Fordi det er satt et krav om at en gitt andel av forbruket skal være fra sertifikatberettiget produksjon må dermed også denne produksjonen reduseres for å oppfylle dette.

3.8.3 To land med felles marked for både elektrisitet og elsertifikater

Det antas nå at to land, A og B, har et felles marked for handel av både elsertifikater og elektrisitet. Denne situasjonen vil være interessant å studere fordi den gjenspeiler det norsk-svenske markedet godt.

Kostnadsfunksjonene antas å ha samme egenskaper som ved autarki. I tillegg blir det nå antatt at det ikke eksisterer noen overføringsbegrensninger.

Landene vil ha felles produsentpris på elektrisitet lik q_M^* , og fordi markedet kun består av to land må det ene landets eksport (m_A) av elektrisitet være lik det andre landets import slik at det må være slik at $m_A^* = -m_B^*$ for at markedet skal være i likevekt. I tillegg vil elsertifikatprisen, s_M , være den samme i begge land. Når det åpnes for handel av elsertifikater behøver ikke den relative andelen elsertifikatberettiget produksjon i et land nødvendigvis å gjenspeile andelskravet. Felles sertifikatpris vil føre til at det bygges ut mest grønn kraftproduksjon i landet med lavet grensekostnader. Likevekt i elsertifikatmarkedet medfører

at land As eksport av elsertifikater nødvendigvis må være lik land Bs import, det vil si at $n_A^* = -n_B^*$.

Førsteordensbetingelsene for profittmaksimering i dette markedet vil være følgende:

$$p_i(x_i^*) = q_M^* + \alpha_i s_M^*$$

$$x_i^* = y_i^* + z_i^* + m_i^* = \frac{z_i^* + n_i^*}{\alpha_i}$$

$$q_M^* + s_M^* = \frac{\delta h_i(z_i^*)}{\delta z_i}$$

$$q_M^* = \frac{\delta c_i(y_i^*, \tau)}{\delta y_i}$$

Dermed vil konsumentprisen i likevekt være

$$p_i(x_i^*) = (1 - \alpha_i) \frac{\delta c_i(y_i^*, \tau)}{\delta y_i} + \alpha_i \frac{\delta h_i(z_i^*)}{\delta z_i}$$

der $i = A, B$

Effekter av andelskravet, α_i

Amundsen og Nese (2009) kommer frem til at endringen i grønn elektrisitetsproduksjon som følge av en endring i andelskravet i et av landene må skje i samme retning i begge landene.

Om elsertifikatberettiget produksjon reduseres eller økes som følge av en økning i α_A er imidlertid ubestemt. Effekten en endring i α vil ha på elektrisitetskonsum vil også være ubestemt i begge land.

Den eneste effekten som kommer tydelig frem i modellen, er effekten av andelskravet på ordinær produksjon, som vil være negativ og peke i samme retning i begge land. Dersom andelskravet økes i land A vil derfor ordinær elektrisitetsproduksjon reduseres i begge land;

$$\frac{dy_A}{d\alpha_A} < 0 \text{ og } \frac{dy_B}{d\alpha_A} < 0.$$

Effekter av CO₂-kvoteprisen, τ

En økning i prisen på utslippskvoter vil føre til at elsertifikatberettiget produksjon reduseres i

begge land, $\frac{dz_A}{d\tau} < 0$ og $\frac{dz_B}{d\tau} < 0$;

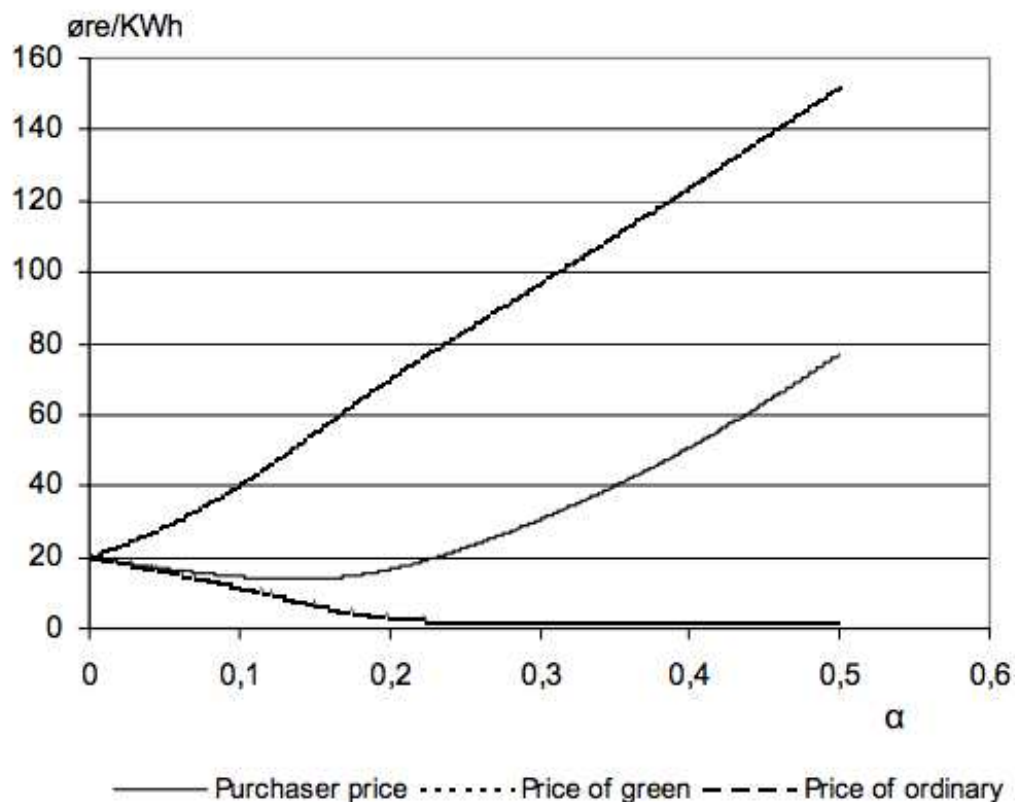
Den totale produksjonen av ordinær produksjon vil falle dersom kvoteprisen øker, $\frac{\delta Y}{\delta \tau} < 0$

Dette vil igjen føre til at produsentprisen på elektrisitet vil øke, $\frac{\delta q_M}{\delta \tau} > 0$.

Intuisjonen bak disse effektene er den samme som under autarki.

3.8.4 Numerisk analyse

Bye (2003) har gjort en numerisk simulering av priseffektene som følge av endringer i andelskravet, basert på data for det norske kraftmarkedet. *Figur 8* viser en simulert økning i andelskravet fra null til 60 prosent langs den horisontale aksen. Prisnivået måles langs den vertikale aksen. Marginalinntekten til de grønne produsentene representeres av den øverste kurven, og stiger med andelskravet. Produsentprisen på ordinær elektrisitet er representert av den nederste kurven, og denne er fallende. Utviklingen i konsumentprisen vises av den midterste kurven. Figuren viser at denne vil først falle etter hvert som kvoten justeres opp til 15 prosent. Deretter vil den stige, og den vil overstige sitt opprinnelige nivå når andelskravet går mot 25 prosent.



Figur 8: Priseffekter av endringer i andelskravet. Kilde: Bye (2003)

Elsertifikatprisen vil virke som en skatt på elektrisitetsforbruk, noe som fører til at etterspørselen vil falle. Samtidig vil et økt tilbud av kraft føre til at produsentprisen faller. I Norge vil tilbudseffekten være sterk fordi tilbudet fra ordinære vannkraftanlegg er tilnærmet uelastisk, og eksportkapasiteten ikke er stor nok til å ta imot den totale tilbudsøkningen (Bye & Amundsen, 2012). Bye (2003) viser at dersom elsertifikatkvoten holdes under 25 prosent vil tilbudseffekten være større enn etterspørselseffekten, slik at en innføring av elsertifikater fører til lavere konsumentpriser. Dette vil garantere en økning i elsertifikatberettiget kraftproduksjon, fordi andelen grønn produksjon er satt. Tilbuds- og etterspørselastisitetene er viktige for simuleringen. Bye (*ibid*) har sett på flere kombinasjoner av elastisiteter i sin numeriske simulering, og i alle tilfellene vil eksisterende produsenter tape på innføringen av elsertifikater.

4 Modell: Klarering i elsertifikat-, kvote- og elektrisitetsmarkedet

Eksisterende litteratur på området dreier seg mye om velferdseffektene av elsertifikatorordningen, og hvordan disse påvirkes av samspillet med kvotemarkedet. Jeg ønsker å se nærmere på hvor sterkt de to markedene er knyttet sammen, og om man ut ifra dette kan si noe om klimageffekten som følger av økt grønn produksjon gjennom elsertifikatmarkedet. For at økt produksjon av grønn elektrisitet i Norge skal føre til klimagevinst, må dette skje gjennom eksport av kraft til utlandet. Dersom et overskudd av fornybar kraft som følge av elsertifikatmarkedet kan erstatte fossil kraftproduksjon i utlandet, vil dette først og fremst resultere i lavere etterspørsel etter utslippskvoter i det europeiske kvotemarkedet. Likevel er det et argument at økt tilgang på fornybar kraft gjennom det norsk-svenske markedet på denne måten vil kunne gjøre det lettere å sette ned kvotetaket i fremtiden. Fordi etterspørselen etter elsertifikater i det norsk-svenske markedet følger direkte av det lovbestemte andelskravet, forventer jeg å finne en negativ korrelasjon mellom elsertifikatprisen og kvoteprisen dersom sammenhengen mellom de to markedene er sterk. Jeg ønsker i tillegg å skille korrelasjonen mellom prisene som følger av at elsertifikatmarkedet påvirker kvotemarkedet, og korrelasjon som oppstår på grunn av endringer i andre forhold som påvirker begge markedene.

For å vurdere om innføringen av elsertifikatsystemet vil føre til lavere kvotepriser har jeg i samarbeid med min veileder, Kjell Arne Brekke, utformet en modell der vi ser på to ekstreme tilfeller. I det første tilfellet antas det at etterspørselen etter utslippskvoter kun stammer fra elektrisitetssektoren. I en slik situasjon vil elsertifikatmarkedet antas å påvirke kvotemarkedet i stor grad. I det andre tilfellet antar vi at kvoteetterspørselen i størst grad avhenger av andre sektorer, og at elektrisitetssektoren er for liten til å påvirke kvotesystemet.

Det antas et lukket marked med produksjon av elektrisitet basert på ordinær- og elsertifikatberettiget produksjon. Ordinær produksjon antas å være utslippsgenererende og underlagt utslippskvotesystemet.

p = produsentpris på elektrisitet
 q = elsertifikatpris
 r = kvotepris
 a = elsertifikatkvoten/ andelskravet
 y = BNP
 K = kvotetak

Etterspørselen etter ordinær elektrisitet vil være en andel $1-a$ av total kraftetterspørsel, og det antas at den vil avhenge av konsumentprisen ($p + aq$) og av BNP, y . Tilbudet av ordinær produksjon vil være en funksjon g av produsentprisen på ordinær elektrisitet, p , og av prisen på utslippskvoter, r . Klarering i det ordinære elektrisitetsmarkedet følger dermed av

$$(1 - a)f(p + aq, y) = g(p, r)$$

Etterspørselen etter strøm fra elsertifikatberettigede anlegg vil være en andel a av totalt elektrisitetskonsum, og avhenger av konsumentprisen ($p + aq$) og BNP, y . Tilbudet av kraft fra elsertifikatberettigede produsenter avhenger av prisen de mottar per enhet strøm de selger, som vil være summen av produsentprisen og elsertifikatprisen ($p + q$).

Elsertifikatmarkedet vil klarere når

$$af(p + aq, y) = h(p + q)$$

I kvotemarkedet vil etterspørselen være gitt av tilbudet av ordinær kraft i tillegg til etterspørselen etter sertifikater utenfor elektrisitetsmarkedet som avhenger av kvoteprisen r og BNP, y . Kvotetilbudet er eksogent gitt av totalt antall kvoter i markedet, K .

Klarering i kvotemarkedet følger dermed av

$$g(p, r) + l(y, r) = K$$

Klarering av tre markeder på samme tid er komplekst å analysere, og modellen er derfor kraftig forenklet. Jeg håper allikevel å kunne si noe om sammenhengen mellom

elsertifikatprisen og kvoteprisen i disse to ekstreme tilfellene, og vi har derfor laget enklest mulig modell for å koble de to prisene sammen. Etterspørselstetisiteten, inntektstetisiteten og tilbudstetisitetene er alle lik 1 i denne modellen.

Vi antar at følgende funksjonsformer fører til klarering i de tre markedene:

$$\text{I.} \quad \frac{(1-a)y}{p+aq} = \frac{p}{r}$$

$$\text{II.} \quad \frac{ay}{p+aq} = p+q$$

$$\text{III.} \quad \frac{p}{r} + \frac{y}{r} = K$$

4.1.1 Situasjon 1: Elektrisitetssektoren avgjør kvoteetterspørselen

Vi antar nå at etterspørselen etter utslippskvoter kun stammer fra ordinære elektrisitetsprodusenter. Leddet $\frac{y}{r}$ er derfor fjernet fra ligning III, slik at kvoteetterspørselen følger direkte av tilbudet av ordinær elektrisitetsproduksjon. Motivasjonen for denne forenklingen er at man i et slikt ekstremtilfelle kan anta at det er en sterk sammenheng mellom elsertifikatmarkedet og kvotemarkedet, og jeg ønsker å si noe om korrelasjonen mellom elsertifikatprisen og kvoteprisen når dette er tilfellet.

Klarering i markedet gitt av følgende sammenhenger:

$$3.1 \quad \frac{(1-a)y}{p+aq} = \frac{p}{r}$$

$$3.2 \quad \frac{ay}{p+aq} = \mu(p+q)$$

3.3

$$\frac{p}{r} = K$$

Videre finner vi funksjoner for de endogene variablene (p , q og r) for å analysere hvordan disse påvirkes av BNP, utslippskvotetaket og andelskravet.

Setter inn (3.3) i (3.1)

$$\frac{(1-a)y}{p+aq} = K \Rightarrow p+aq = \frac{(1-a)y}{K}$$

Setter dette inn i (3.2)

$$\frac{a}{(1-a)}K = \mu(p+q)$$

Sitter da igjen med to ligninger i p og q

3.4

$$p+q = \frac{a}{(1-a)\mu}K$$

3.5

$$p+aq = \frac{(1-a)y}{K}$$

Tar differansen mellom 3.4 og 3.5

3.6

$$(1-a)q = \frac{a}{(1-a)\mu}K - \frac{(1-a)y}{K}$$

3.7

$$q = \frac{a}{(1-a)^2\mu}K - \frac{y}{K}$$

Multipliserer ligning 3.4 med a og tar differansen mellom 3.4 og 3.5

3.8

$$(1-a)p = \frac{a^2}{(1-a)\mu}K - \frac{(1-a)y}{K}$$

3.9

$$p = \frac{y}{K} - \frac{a^2}{(1-a)^2\mu} K$$

3.10

$$r = \frac{p}{K} = \frac{y}{K^2} - \frac{a^2}{(1-a)^2\mu}$$

Ligning (3.7), (3.9) og (3.10) uttrykker elsertifikatprisen, produsentprisen på elektrisitet og kvoteprisen som funksjoner av andelskravet, kvotetaket og BNP. Kvoteprisen, r , vil reduseres som følge av en økning i kvotetaket. Dette følger direkte av økt kvotetilbud og av ligning 3.10. Samtidig vil elektrisitetsprisen reduseres slik det kommer fram av ligning 3.9. En reduksjon i kvoteprisen vil føre til lavere grensekostnader for de ordinære produsentene, og produsentprisen på elektrisitet vil derfor falle, alt annet likt.

Ligning 3.7 viser at elsertifikatprisen, q , derimot vil øke når kvotetaket heves.

Sammenhengen mellom kvoteprisen og elsertifikatprisen er som forventet negativ, og stemmer overens med resultatene til Amundsen og Nese (2009) som er lagt frem i avsnitt 3.8.2. De viser at grønn produksjon reduseres når kvoteprisen øker, fordi kraftetterspørselen vil reduseres som følge av økte totale grensekostnader, og fordi andelen grønn etterspørsel er gitt. En reduksjon i kvoteprisen vil dermed ha motsatt effekt. Grensekostnadene til ordinære produsenter vil reduseres, og totalt krafttilbud vil derfor økes. Som følge av at elsertifikatberettiget produksjon er en gitt andel av totalkonsum, må også denne produksjonen øke. Elsertifikatprisen vil derfor øke for å dekke inn investeringskostnadene til de grønne produsentene, som er antatt å være stigende i produksjonsvolum.

Etterspørselen etter elsertifikater følger direkte av andelskravet og en økning i andelskravet vil derfor føre til høyere sertifikatpris, alt annet likt. Dette stemmer overens med ligning 3.7. Produsentprisen på elektrisitet reduseres når andelskravet øker slik det kommer fram av ligning 3.9. Dette følger av at en større andel av den totale kraftetterspørselen nå er rettet mot grønn produksjon, slik at ordinære produksjon vil reduseres. Dette vil føre til lavere grensekostnader for de ordinære produsentene, og lavere produsentpris følger av dette. En reduksjon av ordinær produksjon vil føre til at tilbudet av utslippskvoter øker slik at kvoteprisen vil reduseres. Ligning 3.10 bekrefter at kvoteprisen vil falle med andelskravet.

En økning i BNP vil føre til at elektrisitetsprisen øker, alt annet likt, i følge ligning 3.9. Denne sammenhengen er intuitiv i og med at en økning i BNP skulle tilsi at etterspørselen etter kraft øker. Kvotepreisen vil også øke fordi økt lønnsomhet ved produksjon som følge av høyere BNP vil føre til en større etterspørsel etter utslippskvoter. Dette følger av ligning 3.10. Igjen får vi en negativ sammenheng mellom elsertifikatprisen og kvotepreisen. Høyere BNP fører til lavere elsertifikatpris som følge av ligning 3.7. Isolert sett vil en økning i etterspørselen etter kraft føre til at etterspørselen etter elsertifikater øker. Fordi grønn kraftproduksjon må øke som følge av høyere kraftforbruk fordi andelskravet er gitt, vil også elsertifikattilbudet øke. Økningen i kraftprisen vil i dette tilfellet føre til at etterspørselen etter sertifikater allikevel ikke stiger like mye som tilbudet, slik at man vil få et overskudd av elsertifikater når andelskravet er gitt. Dermed vil elsertifikatprisen falle når BNP øker i dette markedet.

Vi ser at prisen på elsertifikater og utslippskvoter vil være negativt korrelert i alle tilfeller når etterspørselen etter kvoter dannes i elektrisitetssektoren. Dette tilfellet er ekstremt, men dersom økt produksjon av kraft fra fornybare kilder erstatter store deler av utslippsgenererende elektrisitetsproduksjon, er det grunn til å anta at dette vil ha en kraftig effekt på kvotepreisen.

4.1.2 Situasjon 2: Elektrisitetsmarkedet er for lite til å påvirke kvotemarkedet

Her er leddet $\frac{y}{p}$ fjernet fra ligning III slik at etterspørselen etter kvoter kun avhenger av etterspørselen fra sektorer utenfor elektrisitetsmarkedet. Antar dermed at følgende sammenhenger fører til klarering i markedet:

$$3.11 \quad \frac{(1-a)y}{p+aq} = \frac{p}{r}$$

$$3.12 \quad \frac{ay}{p+aq} = p+q$$

$$3.13 \quad \frac{y}{r} = K$$

Vi får da et uttrykk for kvoteprisen, $r = \frac{y}{K}$, og setter dette inn i ligning 3.11

$$3.14 \quad \frac{(1-a)y}{p+aq} = \frac{pK}{y}$$

Ganger 3.14 med a og 3.12 med $(1-a)$ slik at disse kan settes lik hverandre

$$\frac{a(1-a)y}{p+aq} = \frac{apK}{y}$$

$$\frac{a(1-a)y}{p+aq} = (1-a)(p+q)$$

$$\Rightarrow \frac{p+q}{p} = \frac{aK}{(1-a)y}$$

$$\Rightarrow \frac{q}{p} = \frac{aK}{(1-a)y} - 1$$

$$\Rightarrow q = \varphi p, \quad \text{der } \varphi = \frac{aK}{(1-a)y} - 1$$

Setter inn for $q = \varphi p$ i 3.14

$$\frac{(1-a)y}{p+a\varphi p} = \frac{pK}{y} \Rightarrow \frac{(1-a)y^2}{1+a\varphi} = p^2 K$$

$$3.15 \quad p^2 = \frac{(1-a)y^2}{(1+a\varphi)K}$$

En økning i kvotetaket vil også i denne situasjonen føre til lavere kvotepris. Dette følger av at $r = Y/K$. Produsentprisen på elektrisitet reduseres slik det kommer frem av ligning 3.15.

Intuisjonen bak disse sammenhengene er den samme som i et marked der kun elektrisitetssektoren etterspør utslippskvoter. Effekten på sertifikatprisen er i dette tilfellet ubestemt. Lavere produsentpris trekker i retning av høyere kraftetterspørsel, og dermed høyere etterspørsel etter elsertifikater. Samtidig vil tilbudet av ordinær elektrisitet øke som følge av lavere grensekostnader, derfor må også tilbudet av grønn kraft nødvendigvis øke som følge av andelskravet. Dette trekker i retning av økt sertifikattilbud og lavere sertifikatpris.

En økning i BNP, y , vil gi høyere elektrisitetspris og høyere kvotepris. Intuisjonen bak disse sammenhengene er som før at både etterspørselen etter kraft og produksjon i andre sektorer vil øke med BNP. Virkningen på elsertifikatprisen er i dette tilfellet usikker. Isolert sett vil en økning i etterspørsel etter kraft som følge av høyere BNP føre til at elsertifikatprisen øker som fordi andelskravet er gitt. Samtidig vil høyere produsentpris redusere noe av sertifikatetterspørselen. Virkningen på elsertifikatprisen avhenger i dette tilfellet av hvor mye produsentprisen øker, og størrelsen på andelskravet.

Vi ser av ligning 3.15 at en økning i andelskravet vil føre til at produsentprisen på elektrisitet reduseres. Økt produksjon av grønn kraft vil føre til at det totale krafttilbudet øker, og dermed vil produsentprisen falle. Elsertifikatprisen vil øke, alt annet likt, fordi etterspørselen etter sertifikater følger direkte av andelskravet. Effekten på kvoteprisen er i dette tilfellet ubestemt, fordi redusert etterspørsel etter kvoter fra ordinære produsentene i dette markedet ikke påvirker kvoteprisen.

Når elektrisitetsmarkedet er for lite til å påvirke kvotemarkedet, fordi etterspørselen etter kvoter i større grad stammer fra andre sektorer, vil sammenhengen mellom elsertifikatprisen og kvoteprisen være uklar.

5 Empirisk analyse

Dersom økt produksjon av fornybar kraft i Norge skal ha effekt på klimautslipp må dette skje gjennom eksport av kraft til utlandet. Hvis økt tilgang på fornybar kraft gjennom det svensk-norske elsertifikatsystemet erstatter fossil kraftproduksjon vil dette, isolert sett, føre til et økende kvotetilbud og dermed lavere kvotepris.

I teorien vil kvoteprisen og elsertifikatprisen være negativt korrelert dersom det er en sterk sammenheng mellom elsertifikatmarkedet og kvotemarkedet. For å undersøke om det er en sammenheng mellom kvoteprisen og elsertifikatprisen har jeg gjort en tidsserieregresjon med månedlige priser på utslippskvoter i det europeiske kvotesystemet som avhengig variabel og elsertifikatprisen som forklaringsvariabel.

Som følge av finanskrisen har kvoteprisen falt til et historisk lavt nivå de siste årene. Det er derfor grunn til å tro at BNP vil ha en del å si for kvoteprisen, og jeg vil derfor også gjøre en regresjonsanalyse der jeg kontrollerer for gjennomsnittlig BNP i EU-landene.

5.1 Data

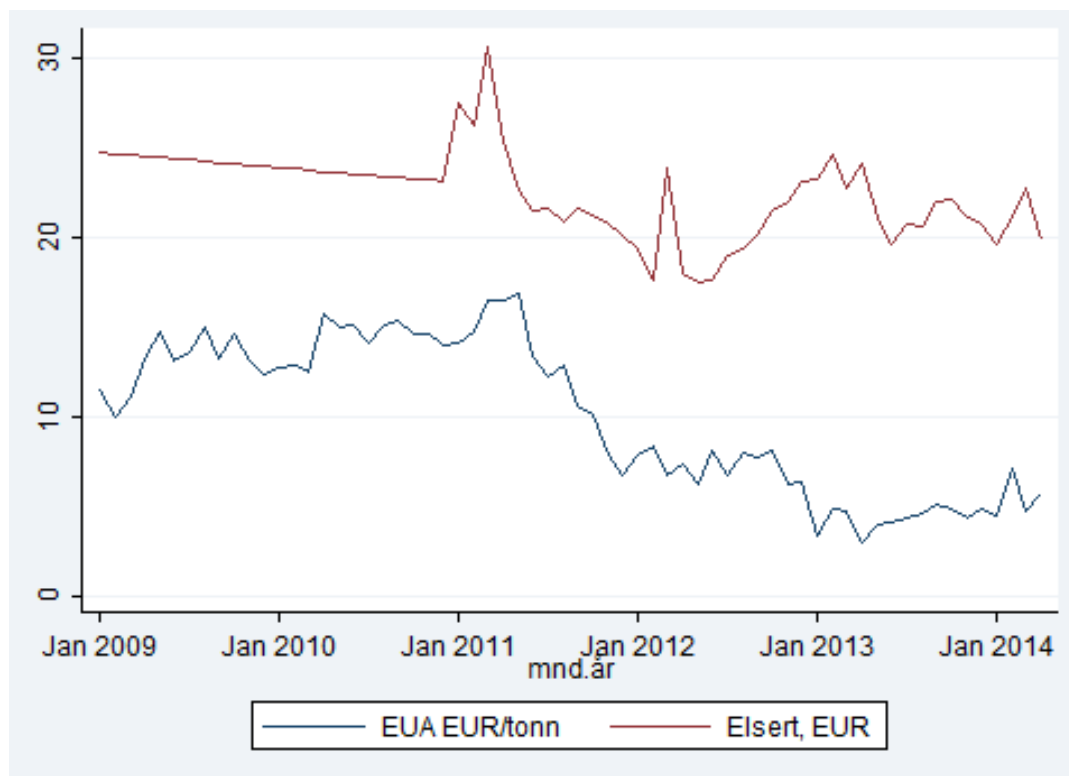
Historiske priser på utslippskvoter eller European Unit Allowances (EUA) i det europeiske kvotesystemet har jeg hentet fra *The Exchange of SendeCO₂* (2014) en elektronisk børs for kjøp og salg av europeiske utslippskvoter innenfor EUs kvotesystem. Jeg bruker månedlige kvotepriser fra januar 2009 og frem til april 2014, og jeg har valgt å bruke spotprisene for månedens siste handelsdag. Prisene er målt i Euro per tonn CO₂, da en utslippskvote tilsvarer et tonn CO₂- utslipp.

Elsertifikatprisen er hentet fra det norske elsertifikatregisteret NECS (Statnett, 2014). Prisene er månedlige gjennomsnittspriser fra januar 2009 til og med april 2014, og er oppgitt i Euro per elsertifikat. Et elsertifikat tilsvarer et produksjonsvolum på en MWh. Prisene har blitt omregnet fra NOK til EUR med en kurs på 1 EUR = 8,2615 NOK. Prisene før 2012 er prisen på elsertifikater i det svenske markedet, før samarbeidet med Norge.

Data for gjennomsnittlig BNP i EU-landene er hentet fra Eurostat (2014b). Jeg har tatt utgangspunkt i prosentvis endring i BNP fra året før, men har regnet dette om til nivåer der BNP i 2009 = 100.

Modellvariabler

<i>pets</i>	Månedlig pris på utslippskvoter (ETS) oppgitt i Euro/tonn.
<i>pelsert</i>	Månedlig elsertifikatpris i det norsk-svenske markedet oppgitt i Euro/Mwh.
<i>bnp</i>	Årlig BNP i EU-landene oppgitt i nivå med 2009 som basisår.

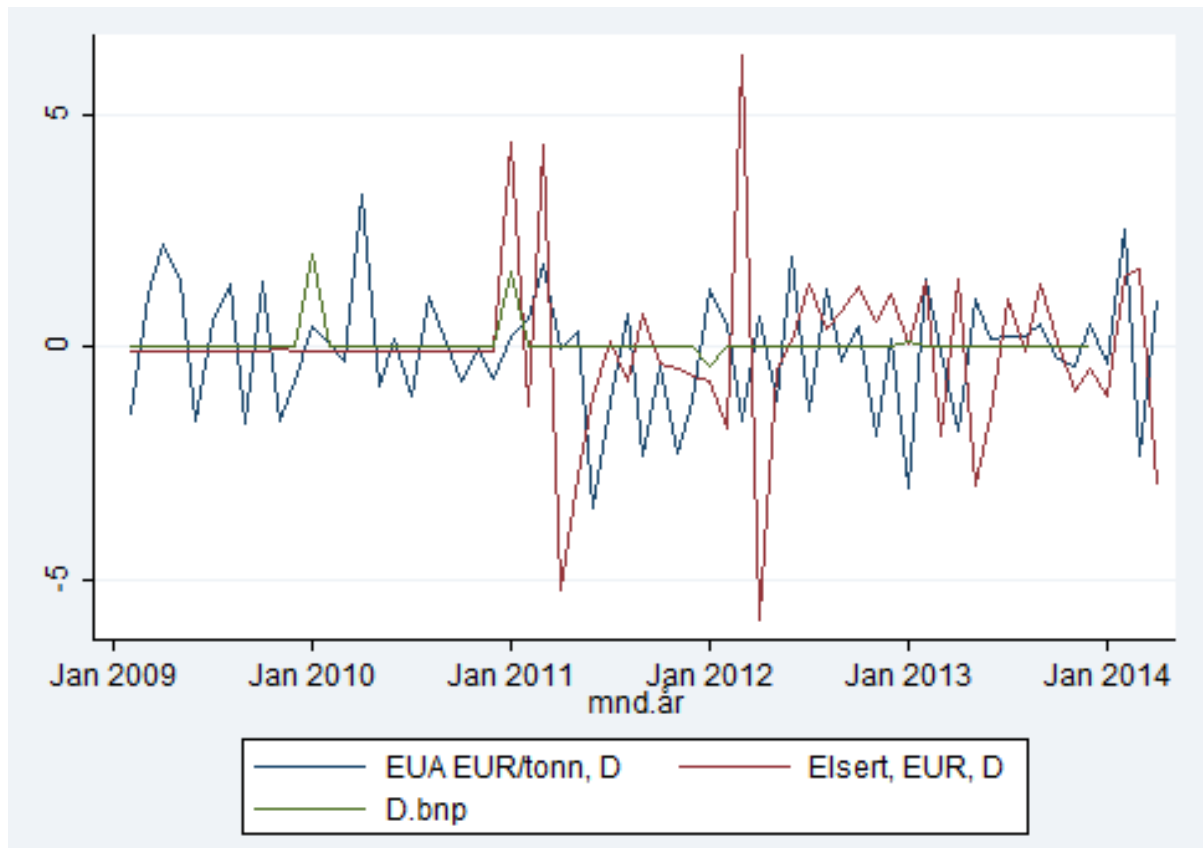


Figur 9: Utvikling i elsertifikatprisen og kvoteprisen

Figur 9 viser utviklingen i månedlig elsertifikatpris og kvotepris fra januar 2009 til og med april 2014.

Jeg har utført en *Dickey-Fuller* test for å undersøke om modellvariablene er inneholder *unit root*. Dersom dette er tilfellet vil det si at variablene ikke er stasjonære (Hill et al, 2012, s.486). Testen viser at man ikke på noe rimelig signifikansnivå kan anta at verken elsertifikatprisen, kvoteprisen eller BNP er stasjonære tidsserier (se Appendiks for testresultater). Det vil si at tidsserienes gjennomsnitt og varians ikke er konstant over tid. Man kan ikke bruke minste kvadraters metode for å estimere sammenhenger mellom variabler som ikke er stasjonære. Regresjonen vil da føre til misledende konklusjoner, og man er i stor fare for å finne en spuriøs effekt (*ibid*, s.482). Det vil si at man kan finne en sammenheng mellom variabler som ikke egentlig eksisterer. Man kan for eksempel finne en sterk positiv sammenheng mellom antall storker og fødselsraten i Danmark på slutten av 60-tallet (Nardi, 2010). Dersom man ikke tar høyde for at variablene ikke er stasjonære, vil man dermed kunne få resultater med grunnlag til å anta årsakssammenhenger som i virkeligheten er helt tilfeldige.

Ved å ta førstedifferansen til variablene viser Dickey-Fuller-testen at alle variablene blir stasjonære (se Appendiks for testresultater). Ved å fjerne nivåendringene stabiliseres gjennomsnittsverdiene i tidsseriene rundt null. Man kan dermed bruke minste kvadraters metode for å estimere sammenhengen mellom de differensierte variablene. *Figur 10* viser at de førstedifferensierte variablene varierer rundt null, og det ser ut til at de transformerte tidsseriene er stasjonære.



Figur 10

Førstedifferensierte modellvariabler

$$\Delta p_{elsert} = p_{elsert}_t - p_{elsert}_{t-1}$$

$$\Delta p_{ets} = p_{ets}_t - p_{ets}_{t-1}$$

$$\Delta bnp = bnp_t - bnp_{t-1}$$

5.2 Resultater

Jeg benytter minste kvadraters metode for å estimere sammenhengen mellom endringene i kvoteprisen og elsertifikatprisen:

$$\Delta p_{ets}_t = \alpha + \beta_1 \Delta p_{elsert}_t + \varepsilon_t$$

```
. reg D.pets D.pels
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 63		
Model	.787841305	1	.787841305	F(1, 61) = 0.43		
Residual	112.767981	61	1.84865542	Prob > F = 0.5163		
				R-squared = 0.0069		
				Adj R-squared = -0.0093		
Total	113.555822	62	1.83154552	Root MSE = 1.3597		

D.pets	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
pelsert						
D1.	-.0628314	.0962466	-0.65	0.516	-.2552885	.1296256
_cons	-.0960179	.171465	-0.56	0.578	-.4388833	.2468474

Figur 11

Figur 11 viser resultatene fra regresjonsanalysen. Koeffisienten til $\Delta pelsert_t (\widehat{\beta}_1)$ er -0,0628. Dette skulle tilsi at det er en svak negativ korrelasjon mellom endringer i elsertifikatprisen og endringer i kvoteprisen. Koeffisienten er allikevel ikke signifikant med en p-verdi på over 0,5. R^2 , som viser hvor mye av endringene i den avhengige variabelen som kan forklares av modellen, er kun 0,007. Resultatet gir derfor ikke grunnlag til å anta at endringer i kvoteprisen kan forklares av endringer i elsertifikatprisen.

Jeg legger nå til Δbnp_t som forklaringsvariabel i modellen for å kontrollere for effektene av gjennomsnittlig BNP i EU-landene på kvoteprisen. I min modell i kapittel 5, kunne vi se at i det ene ekstremtilfellet der kvoteetterspørselen blir dannet i elektrisitetsmarkedet, vil BNP være positivt korrelert med kvoteprisen og negativt korrelert med elsertifikatprisen. Det er derfor grunn til å anta at resultatet av regresjonen basert på modellen uten BNP ikke vil være forventningsrett dersom det er en sterk sammenheng mellom kvotemarkedet og elsertifikatmarkedet.

Jeg bruker minste kvadraters metode for å undersøke om endringer i kvoteprisen kan forklares av endringer i elsertifikatprisen og BNP. Modellspesifikasjonen er som følger:

$$\Delta pets_t = \alpha + \beta_1 \Delta pelsert_t + \beta_2 \Delta bnp_t + \varepsilon_t$$

```
. reg D.pets D.pels D.bnp
```

Source	SS	df	MS	Number of obs = 59		
Model	.713012373	2	.356506186	F(2, 56) = 0.20		
Residual	99.4760046	56	1.77635722	Prob > F = 0.8187		
Total	100.189017	58	1.72739684	R-squared = 0.0071		
				Adj R-squared = -0.0283		
				Root MSE = 1.3328		

D.pets	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
pelsert						
D1.	-.0601409	.1004214	-0.60	0.552	-.2613091	.1410274
bnp						
D1.	.1752304	.5289897	0.33	0.742	-.8844634	1.234924
_cons	-.1251874	.1764394	-0.71	0.481	-.478638	.2282632

Figur 12

Figur 12 viser resultatene fra regresjonsanalysen. Vi ser at modellens forklaringskraft (R^2) kun er 0,0071. Dette betyr at svært lite av variasjonen i kvoteprisen kan forklares av endringer i elsertifikatprisen og gjennomsnittlig BNP i EU-landene. Den estimerte koeffisienten ($\widehat{\beta}_1$) til endringen i elsertifikatprisen er lik -0,06014. Sammenhengen er som forventet negativ, men p-verdien er 0,552 så koeffisienten er fortsatt langt fra signifikant. Koeffisienten til Δbnp_t ($\widehat{\beta}_2$) er estimert til å være lik 0,1764. Som forventet er tilsier dette at det skulle være en positiv korrelasjon mellom kvoteprisen og BNP. Den estimerte koeffisienten er derimot ikke signifikant, med en p-verdi lik 0,742. Regresjonsmodellen gir dermed ikke grunnlag for å anta at verken endringer i elsertifikatprisen eller gjennomsnittlig BNP i Europa har hatt noen signifikat virkning på endringer i kvoteprisen i denne perioden.

Datamaterialet som er bruk i denne analysen gir ingen grunn til å anta at det er en sterk sammenheng mellom elsertifikatmarkedet og kvotemarkedet. Det hadde vært ønskelig å bruke månedlig data for gjennomsnittlig BNP i Europa i modellen, men disse tallene er ikke

tilgjengelige. Fordi årlig data gir lite variasjoner i BNP i modellen, er det grunn til å tro at effekten av endringer i BNP vil ha større forklaringskraft enn det som kommer frem i denne regresjonsanalysen. Elsertifikatsystemet har så langt ikke ført til at en betydelig mengde fossil kraftproduksjon har blitt erstattet av fornybar elektrisitetsproduksjon fra Norge og Sverige. Det er derfor for tidlig å konkludere med at elsertifikatsystemet ikke vil ha noen effekt på kvoteprisen i fremtiden, basert på datamaterialet som er brukt i denne analysen. Det er allikevel grunn til å anta at elsertifikatmarkedet hittil ikke har hatt noen effekt på kvoteprisen. Antakeligvis vil det svensk-norske markedet alene være for lite til å kunne påvirke kvotetaket i det europeiske kvotemarkedet. De aggregerte virkningene av Fornybardirektivet i Europa vil allikevel antakelig redusere kvoteprisen etter hvert som fornybarandelen i EU nærmer seg 20 prosent.

6 Konklusjon

I følge samfunnsøkonomisk teori vil ikke elsertifikatsystemet være et kostnadseffektivt verktøy dersom målet er å redusere klimagassutslipp. Målet med elsertifikatordningen er riktig nok å øke produksjon av elektrisk kraft fra fornybare kilder, noe som skal bidra til å møte Norges forpliktelser under EUs fornybardirektiv. Isolert sett vil tiltaket føre til lavere klimagassutslipp, dersom det bidrar til en overgang fra fossil- til fornybar energiproduksjon. I Norges tilfelle vil dette måtte skje gjennom eksport av kraft til utlandet, fordi tilnærmet alt elektrisitetsforbruk i Norge var dekket av miljøvennlig vannkraft allerede før implementeringen av sertifikatordningen. Fordi kraftsektoren er underlagt det europeiske kvotesystemet, er utslippstaket satt, og elsertifikatordningen vil i beste fall ha en indirekte effekt på klimagassutslipp dersom den kan bidra til at det blir lettere å sette ned kvotetaket i fremtiden.

I denne oppgaven har jeg analysert samspillet mellom det svensk-norske elsertifikatmarkedet og det europeiske utslippskvotemarkedet. Jeg har funnet at man så langt ikke har tilstrekkelig grunnlag for å anta at økt produksjon av fornybar kraft i Norge og Sverige vil påvirke kvotemarkedet i stor nok grad til å ha noen innvirkning på fastsettelsen av kvotetaket.

Litteraturliste

Amundsen E.S. & Nese G. (2009) Integration of tradable green certificate markets: What can be expected? *Journal of Policy Modeling* 31, 903–922

Aune F. R., Dalen H. M., & Hagem C. (2011) Implementing the EU renewable target through green certificate markets. *Energy Economics*, 34(4), 992-1000.

Aune, F. R., Bye, T. & Hansen, P. V. (2005) Et felles norsk-svensk elsertifikatmarked. Rapport 2005/20. *Statistisk sentralbyrå*.

Bøeng A. C. (2011) *Fornybardirektivet – hva betyr det for energibransjen?* Energi Norge. Tilgjengelig fra:

<<http://www.energinorge.no/getfile.php/FILER/NYHETER/ENERGI%20OG%20KLIMA/2011-12-08%20SSB%20-%20Rapport%20fornybardirektivet.pdf>>

Böhringer, C. & Rosendahl, K. (2009) Satsing på fornybar energi=satsing på kullenergi. *Samfunnsøkonomen* nr. 7

Bye T. & Amundsen E. S. (2012) Grønne og hvite sertifikater iblandet sort. *Økonomiske analyser* 3/2012. Statistisk Sentralbyrå

Bye, T. (2003) On the price and volume effects from green certificates in the energy market. *Discussion paper no. 351*. Statistisk Sentralbyrå.

CO₂Now (2014) *Atmospheric CO₂ for April 2014*. CO₂Now. Tilgjengelig fra:

<<http://co2now.org/>>

Elsertifikatloven.(2011) *Lov om elsertifikater LOV-2011-06-24-39*

Energimyndigheten (11.04.2014): *Konsumentenes kostnad för förnybar el lägre än på flera år*. Tilgjengelig fra:

<<http://www.energimyndigheten.se/Press/Pressmeddelanden/Konsumentens-kostnad-for->

fornybar-el-lagre-an-pa-flera-ar/>

EU (2014a) *The EU Emissions Trading System (EU ETS)*. European Commission (08.05.14).

Tilgjengelig fra: <http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm>

EU (2014b) *Auctioning*. European Commission (08.05.14). Tilgjengelig fra:

<http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/auctioning/index_en.htm>

EU (2014c) *Allowances and caps*. European Commission (08.05.14). Tilgjengelig fra:

<http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/cap/index_en.htm>

Eurostat (2014a) *Renewable energy in the EU*. Eurostat news release. Tilgjengelig fra:

<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/8-10032014-AP/EN/8-10032014-AP-EN.PDF>

Eurostat (2014b) *Real GDP growth rate- volume*. Tilgjengelig fra:

<<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=tec00115>>

Fischer, C. (2009) When do renewable portfolio standards lower electricity prices? *The Energy Journal*, 31(1):101–120

FN (2014a) *Hvordan endres klimaet? IPCC og naturvitenskapen*. FN (26.03.14). Tilgjengelig fra:

<<http://www.fn.no/Tema/Klima/FNs-klimapanel/Hvordan-endres-klimaet-IPCC-og-naturvitenskapen>>

FN (2014b) *Hva er togradersmålet?* FN (28.03.14). Tilgjengelig fra:

<<http://www.fn.no/Tema/Klima/Klimaforhandlinger/Hva-er-Togradersmaalet>>

fornybar.no (2014) *Energipolitikk..* Tilgjengelig fra:

< <http://fornybar.no/energipolitikk>>

Hagem, C. & Rosendahl, K. E. (2011) Elsertifikater og fornybar kraft: mål eller middel?
Samfunnsøkonomen nr.3

Miljødirektoratet (12.04.2014) *Togradersmålet krever umiddelbar snuoperasjon.*

Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra:

<<http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2014/April-2014/Togradersmalet-krever-umiddelbar-snuoperasjon/>>

Miljøstatus (2013) *Klimakvoter*. Miljødirektoratet. Tilgjengelig fra:

<<http://www.miljostatus.no/klimakvoter>>

Miljøverndepartementet (2012) *Norsk klimapolitikk*. Meld. Stat. 21(2011-2012). Tilgjengelig fra:

<<http://www.regjeringen.no/pages/37858627/PDFS/STM201120120021000DDDPDFS.pdf>>

Nardi, P. M. (2010) *Storks, Vaccines and Causation*. Pacific Standard. 10.mars 2010.

Tilgjengelig fra:

<<http://www.psmag.com/navigation/nature-and-technology/storks-vaccines-and-causation-10195/>>

Nilsen, J. & Lie, Ø. (2014) NVE-sjefen forsvarer elsertifikatordningen. *Teknisk ukeblad*.

10.april 2014. Tilgjengelig fra:

<<http://www.tu.no/kraft/2014/04/10/nve-sjefen-forsvarer-elsertifikatordningen>>

NVE (2012a) *Hvordan fungerer elsertifikatsystemet?* Norges vassdrags- og energidirektorat (18.12.12). Tilgjengelig fra:

<<http://www.nve.no/no/Kraftmarked/Elsertifikater/Hva-er-elsertifikater/Hvordan-fungerer-elsertifikatmarkedet/>>

NVE (2012b) *Elsertifikater og fornybarmål*. Norges vassdrags- og energidirektorat

(18.12.12). Tilgjengelig fra: <<http://www.nve.no/no/Kraftmarked/Elsertifikater/Hva-er-elsertifikater/Elsertifikater-og-fornybarmal/>>

NVE (2014a) *Bidrar til utbygging av fornybar energy*. Norges vassdrags- og energidirektorat (11.04.14). Tilgjengelig fra:< <http://www.nve.no/no/Kraftmarked/Elsertifikater/Siste-nytt-om-elsertifikater/Bidrar-til-okt-utbygging-av-fornybar-energi/>>

NVE (2014b) *Kontrollstasjonsrapport – NVEs gjennomgang av elsertifikatordningen*. Rapport 5/2014. Norges vassdrags- og energidirektorat. Tilgjengelig fra:
<http://webby.nve.no/publikasjoner/rapport/2014/rapport2014_05.pdf>

OED (2010) *Høringsnotat (forslag til lovvedtak) om Lov om elsertifikater*. Olje- og energidepartementet (08.12.2010). Tilgjengelig fra:
<<http://www.regjeringen.no/upload/OED/pdf%20filer/Høringer/Elsertifikater/Hoeringsnotat.pdf>>

OED (2011) *Lov om elsertifikater* Prop.101 L(2010-2011). Olje- og energidepartementet. Tilgjengelig fra:< <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/regpubl/prop/2010-2011/prop-101-l-2010-2011.html?id=640977>>

OED (2012) *Energiutredningen- verdiskaping, forsyningssikkerhet og miljø*. NOU 2012:9. Olje- og energidepartementet. Tilgjengelig fra:
<<http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/dok/NOU-er/2012/nou-2012-9.html?id=674092>>

Perman R., Ma Y., Common M., Maddison D. & McGilvray J. (2011) *Natural Resources and Environmental Economics*, 4th ed., 2011. Pearson Education.

SSB (2013) *Energiregnskap*. Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra:
<<https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/energiregn>>

Statkraft (2011) *Høringsuttalelse vedrørende OEDs forslag til forskrift om elsertifikater*. Statkraft. Tilgjengelig fra: < http://www.regjeringen.no/pages/35054456/Statkraft_AS.pdf>

Statnett (2013) *Elsertifikater*. Statnett (20.12.2013). Tilgjengelig fra:
<<http://www.statnett.no/Drift-og-marked/Kraftmarkedet/Elsertifikater/>>

Statnett (2014) *NECS*. Tilgjengelig fra:

<<http://necs.statnett.no/WebPartPages/AveragePricePage.aspx?AspxAutoDetectCookieSupport=1>>

The Exchange of Sende Co2 (2014) *CO2 PRICES*. Tilgjengelig fra:

<http://www.sendeco2.com/es/precio_co2.asp?ssidi=1>

Tvinnereim E. (19.06.2013) *Kvotehandel: Flaggskip i dødevannet*. Energi og Klima.

Tilgjengelig fra:

<<http://energiogklima.no/kommentar-analyse/kvotehandel-flaggskip-i-dodvanne/>>

Wolfgang, O. & Korpås, M. (2013) *Er grønne sertifikater «dyr formålsløs moro»? Sintef*.

Tilgjengelig fra: <<http://www.sintef.no/SINTEF-Energi-AS/Aktuelt-oppslag-2013/Er-gronne-sertifikater-dyr-formalslos-moro/>>

Appendiks

Dickey-Fuller-testen tester en nullhypotese om at variabelen inneholder *unit root* (Hill et al, 2012, s.485). Det vil si at variabelen ikke er stasjonær. Alternativhypotesen er at variabelen ikke inneholder *unit root*, og er stasjonær.

Nullhypotesen kan forkastes dersom absoluttverdien av testobservatoren høyere en kritisk verdi (*ibid*).

```
. dfuller pets, lag(1)
```

Augmented Dickey-Fuller test for unit root			Number of obs	=	62
Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller				
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value		
Z(t)	-0.617	-3.563	-2.920	-2.595	
MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.8671					

Figur 13

Figur 13 viser testresultatene for variabelen *pets* (månedlig kvotepris). Absoluttverdien av testobservatoren er 0,617. Dette medfører at vi ikke kan forkaste nullhypotesen om at variabelen inneholder *unit root* på et rimelig signifikansnivå.

```
. dfuller D.pets, lag(1)
```

Augmented Dickey-Fuller test for unit root			Number of obs	=	61
Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller				
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value		
Z(t)	-5.687	-3.565	-2.921	-2.596	
MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000					

Figur 14

Figur 14 viser at vi kan forkaste nullhypotesen om at den førstedifferensierte variabelen inneholder *unit root*, på alle rimelige signifikansnivåer.

Figur 15,16,17 og 18 viser testresultatene for elsertifikatprisen og BNP.

```
. dfuller pels, lag(1)
```

Augmented Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 62

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-2.280	-3.563	-2.920

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.1786

Figur 15

```
. dfuller D.pels, lag(1)
```

Augmented Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 61

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-6.123	-3.565	-2.921

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

Figur 16

```
. dfuller bnp, lag(1)
```

Augmented Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 58

Test Statistic	Interpolated Dickey-Fuller		
	1% Critical Value	5% Critical Value	10% Critical Value
Z(t)	-1.788	-3.569	-2.924

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.3867

Figur 17

```
. dfuller D.bnp, lag(1)
```

Augmented Dickey-Fuller test for unit root Number of obs = 57

		Interpolated Dickey-Fuller		
	Test	1% Critical	5% Critical	10% Critical
	Statistic	Value	Value	Value
Z(t)	-5.431	-3.570	-2.924	-2.597

MacKinnon approximate p-value for Z(t) = 0.0000

Figur 18